

WILMAR ALVES GHIORZI

**PROPOSTA PARA INFORMATIZAÇÃO DE SERVIÇOS TOPOGRÁFICOS A
PARTIR DE DADOS DE CAMPO COLETADOS COM TEODOLITOS MECÂNICOS**

FLORIANÓPOLIS - SC

2002

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM

CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Wilmar Alves Ghiorzi

**PROPOSTA PARA INFORMATIZAÇÃO DE SERVIÇOS TOPOGRÁFICOS A
PARTIR DE DADOS DE CAMPO COLETADOS COM TEODOLITOS MECÂNICOS**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como requisito final para a obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação.

Prof. Dr. Luiz Fernando Jacintho Maia

Florianópolis, outubro de 2002

**PROPOSTA PARA INFORMATIZAÇÃO DE SERVIÇOS
TOPOGRÁFICOS A PARTIR DE DADOS DE CAMPO COLETADOS
COM TEODOLITOS MECÂNICOS**

Wilmar Alves Ghiorzi

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação Área de Concentração Sistemas de Conhecimento e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação.

Prof. Fernando Álvaro Ostuni Gauthier, Dr.
Coordenador do CPGCC

Banca Examinadora

Prof. Luiz Fernando Jacintho Maia, Dr.
Orientador

Prof^a. Dra. Cíntia Aguiar – USP
Membro da Banca

Prof. Dr. João Bosco da Mota Alves – UFSC
Membro da Banca

AGRADECIMENTOS

Como forma de gratidão, gostaria de agradecer em primeiro lugar à Deus, por ter oportunizado-me condições para cumprir mais esta escalada no campo do conhecimento.

Agradeço em especial ao professor Maia, que gentilmente compartilhou parte do seu tempo orientando-me e esclarecendo dúvidas. Não poderia deixar de agradecer aos colegas de turma, principalmente os irmãos José Augusto Fornari e Francisco Fornari, pela companhia e sugestões durante as várias idas à Florianópolis. Também gostaria de agradecer amigos Carlos Oliveira e Nei Sabino de Oliveira, que de certa forma, foram culpados em parte por mais esta vitória. Agradeço, também, aos amigos e colaboradores: Volmir Pitton, Sílvio e Simone Sousa, que prontamente dividiram comigo suas poucas horas de descanso, esclarecendo-me dúvidas e executando tarefas de programação.

Também não poderia deixar de agradecer em especial, a Dra Cintia Aguiar, que sempre se fez presente nas horas mais difíceis, prestando valiosas informações, sugestões, orientações e críticas construtivas, contribuindo e muito para o desenvolvimento desta dissertação. Fico, grato principalmente pela forma humilde, gentil, sábia e carinhosa que enfatizou em todas as oportunidades desse processo.

Finalmente, agradeço de coração à minha família, Nelci, Adriana e Rodrigo, que com sabedoria, companheirismo e carinho souberam entender um pai muitas vezes ausente.

SUMÁRIO

LISTA DE ANEXOS	
LISTA DE ABREVIATURAS.....	
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE QUADRO	vii
LISTA DE TABELA	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUÇÃO	1
CAPITULO I	
1. JUSTIFICATIVA.....	4
1.1 Objetivos	5
1.1.1 Objetivo Geral	5
1.1.2 Objetivos Específicos	6
1.2 Caracterização do Problema na Região Serrana	6
1.3 Número de Prefeituras e Profissionais Autônomos da Região da AMURES..	9
1.4 Profissionais que atuam na Área Topográfica na Região da AMURES sem Vínculos Empregatícios com as Prefeituras	9
1.5 Questão Pedagógica	9
1.6 Motivos do uso do <i>Autocad</i>	12
1.7 Motivos do uso do <i>Excel</i>	12
CAPÍTULO II	
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1 Compensação Gráfica de uma Poligonal Fechada	15
2.2 Sumário Histórico da Evolução da Topografia	16

2.3 Métodos de Levantamentos Topográficos.....	18
2.3.1 Levantamento por Caminhamento	18
2.3.2 Trabalho de Campo Referente Poligonal de Base	20
2.3.3 Referências de Pontos ao Alinhamento da Poligonal de Base ("amarrações").....	21
2.3.4 A Escolha dos Vértices da Poligonal de Base.....	23
2.3.5 Mediação dos Ângulos	24
2.3.6 Medição das Distâncias.....	25
2.4 Considerações Sobre o Trabalho de Campo	28

CAPÍTULO III

3. DETALHAMENTO PRÁTICO PARA A ORGANIZAÇÃO DE UMA PLANILHA, NO CASO DE UM LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO PLANIMÉTRICO POR CAMINHAMENTO PELO PROCESSO DOS ÂNGULOS EXTERNOS. TAMBÉM CONHECIDO COMO ÂNGULOS HORÁRIOS OU A DIREITA	31
3.1 Procedimento de Campo.....	31
3.2 Relação das Etapas Referentes ao Serviço de Escritório	33
3.2.1 Cálculo do Fechamento Angular	33
3.2.2 Cálculo do Erro Total Tolerável	34
3.2.3 Distribuição do Erro Angular.....	35
3.2.4 Cálculo dos Azimutes	36
3.2.5 Cálculos dos Rumos	37
3.2.6 Medidas das Distâncias.....	37
3.2.7 Linha ou funções Trigonométricas dos Rumos	38
3.2.8 Cálculo das Projeções ou Coordenadas Parciais.....	38
3.2.9 Distribuição do Erro Linear	40
3.2.10 Projeções Compensadas	42
3.2.11 Coordenadas	42
3.2.12 Somatório (soma das abscissas e ordenadas).....	43
3.2.13 Áreas Duplas	43
3.2.14 Planilha de Cálculo Analítico (Modelo Tradicional)	46

CAPÍTULO IV

4. METODOLOGIA	47
6.1 Proposta 1 – <i>Software Autocad</i>	47
4.1.1 Apresentação do <i>Autocad</i>	47
4.1.2 <i>Cad</i>	48
4.1.3 Características do <i>Autocad</i>	48
4.1.3.1 Comunicação do Usuário com o Programa.....	48
4.3.2 Barras de Ícones	49
4.3.3 Menu Lateral ou de Tela.....	49
4.3.4 Menus Suspensos ou de Comandos.....	49
4.3.5 Linha ou <i>Prompt</i> de Comandos.....	50
4.3.6 Vantagens de personalizar uma Janela com Barras de Ferramentas Voltadas para Topografia	50
4.3.7 Afinidade do <i>Autocad</i> com os Métodos de Levantamentos Topográficos ...	51

4.3.8 Como Iniciar um Desenho Topográfico com o <i>Autocad</i>	52
4.3.9 Iniciando o Desenho Propriamente Dito	52
4.3.10 Aplicação da Metodologia <i>Cad</i> para Topografia.....	53
4.3.11 Procedimento inicial	53
4.3.12 Como Lançar os Dados de Campo	53
4.3.13 Determinação Gráfica do Erro de Fechamento	54
4.3.14 Distribuição Gráfica Proporcional do Erro Linear	55
4.3.15 Como Distribuir o Erro Proporcional.....	58
4.3.16 Lançamento dos Alinhamentos Irradiados	58
4.3.17 Traçado da Poligonal Verdadeira	59
4.3.18 Cálculo da Área Total.....	60
4.3.19 Acabamentos da Planta Topográfica	60
4.3.20 Levantamentos Planialtimétricos.....	60
4.3.21 Vantagens do Uso desta Metodologia.....	61

CAPÍTULO V

5. PROPOSTA 2 - PLANILHA ELETRÔNICA	62
5.1 Excel	63
5.2 Proposta 2 – Planilha Eletrônica	63
5.3 Vantagens da Utilização da Planilha Eletrônica	65
5.4 Operação da Planilha Eletrônica	65
5.5 Aceitação das Propostas pelo Público Alvo	69
CONCLUSÃO	72
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
ANEXOS	77

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 – Planilha eletrônica – dados processados	78
Anexo 2 – Levantamentos topográficos planimétricos	81
Anexo 3 – Levantamento topográfico planialtimétrico	93

LISTA DE ABREVIATURAS

AMURES – Associação dos Municípios da Região Serrana.

CAD – *Computer Aided Desing*.

CEFET – Centro de Educação Federal Tecnológica.

DD – Deflexão a Direita.

DE – Deflexão a Esquerda.

E - Leste

FDEA – Fator de Distribuição do Erro Angular.

MP – Marco Primordial.

MP-A – Marco Primordial/Estação A.

N - Norte

NE – Norte/Leste.

NM – Norte Magnético.

NW – Norte/Oeste.

S – Sul.

SE – Sul/Leste.

SW – Sul/Oeste.

UDESC – Universidade para o Desenvolvimento para o Estado de Santa Catarina.

USP – Universidade de São Paulo.

W – Oeste.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estação total	5
Figura 2 – Mapa do estado de Santa Catarina – Destacando a Região da AMURES	11
Figura 3 – Distribuição gráfica do erro linear	16
Figura 4 – Irradiação, intersecção e coordenadas	21
Figura 5 – Método de levantamento por deflexão.....	30
Figura 6 – Procedimento de campo.....	32
Figura 7 – Orientação dos alinhamentos de uma poligonal	37
Figura 8 – Planilha de cálculo analítico – método tradicional	45
Figura 9 – Barras de ícones.....	49
Figura 10 – Menu lateral ou de tela	49
Figura 11 – Menu suspensos ou de comandos	49
Figura 12 – Linha ou <i>prompt</i> de comandos	50
Figura 13 – Tela de <i>Autocad</i> personalizada para topografia	51
Figura 14 – Exemplo do método de distribuição proporcional	56
Figura 15 – Compensação gráfica de uma poligonal fechada	57
Figura 16 – Distâncias reduzidas (1/2)	57
Figura 17 – Planilha eletrônica (Proposta 2).....	67
Figura 18 – Planilha eletrônica – dados processados – anexo 1	69

LISTA DE QUADRO

QUADRO 1 – Tolerância de erros Angulares e Lineares, segundo Koczicki (CEFET)	34
---	----

LISTA DE TABELA

Tabela 1 – Distribuição do erro angular	36
---	----

RESUMO

PROPOSTA PARA INFORMATIZAÇÃO DE SERVIÇOS TOPOGRÁFICOS A PARTIR DE DADOS DE CAMPO COLETADOS COM TEODOLITOS MECÂNICOS

Autor: Wilmar Alves Ghiorzi

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Jacintho Maia

Este trabalho visa desenvolver duas propostas de informatização de levantamentos topográficos, com a finalidade de ser utilizadas na Região Serrana no Estado de Santa Catarina, pelas Prefeituras, Engenheiros, Arquitetos, Topógrafos e Técnicos Industriais que não possuam estação total (equipamentos topográficos eletrônicos) com sistema de automação topográfica, tipo *Topograph*, posição ou similares. Para o desenvolvimento dessas propostas utilizou-se duas ferramentas computacionais, sendo o Autocad e o Excel. A primeira proposta baseia-se no lançamento dos dados de campo utilizando funções de algumas ferramentas do Autocad R-13, que possuem afinidades com os métodos topográficos. A segunda proposta trata-se de uma planilha eletrônica desenvolvida através do Excel, visando processar dados de campo de levantamentos planimétricos pelo processo dos ângulos externos, desenhar a poligonal e determinar a área da mesma. Outro propósito é resgatar ferramentas computacionais descartadas por outros setores, para gerar novas tecnologias, tentando mostrar de certa forma uma relevância dessas propostas para a área de informática.

Universidade Federal de Santa Catarina
Curso de Pós-Graduação em Ciências da Computação
Dissertação de Mestrado em Informatização Topográfica
Florianópolis, 09 de outubro de 2002.

ABSTRACT

PROPOSALS FOR INFORMATIZATION OF TOPOGRAPH SERVICES BASED FIELD DATA ACQUIRED WITH MECHANICAL THEODOLITES

Author: Wilmar Alves Ghiorzi

Advisor: Prof. Dr. Luiz Fernando Jacintho Maia

Dissertation written to present two propositions for informatization of topograph services in the micro-region of Lages, State of Santa Catarina, Brazil. It is offered for minicipaly, engineers, architects, topographers and others industrial technicians who do not access electronic laser theodolites (E. L. T.) or IF-Infra-Red controlled station. Those proposals are based on two computers programs: AUTOCAD and EXCEL. The first proposition uses some AUTOCAD-R-13 tools to analyse and implement acquired field data. The second proposition is an eletronic excel shedule, where planimetrics field data are registered by the external angles method and a polygonal line is delineated in order to calculate its area. This work is also relevant because brings to date computer programs and tools already considered obsolete, producing thus alternative techmologies in informatics area.

FEDERAL UNIVERSITY OF SANTA CATARINA
Course of Masters degree in Sciences of the Computation
Dissertation of Mestrado in Informatization of Topograph
Florianópolis, October 09, 2002.

FICHA CATALOGRÁFICA

Ghiorzi, Wilmar Alves

Proposta para informatização de serviços topográficos a partir de dados de campo coletados com teodolitos mecânicos / Wilmar Alves Ghiorzi – Florianópolis, 2002.

xiii, 95 f.

Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Ciências da Computação, Universidade Federal de Santa Catarina.

Capítulo I – Justificativa. Capítulo II – Fundamentação Teórica. Capítulo III – Detalhamento Prático para a Organização de uma Planilha, no caso de um Levantamento Topográfico Planimétrico por Caminhamento pelo Processo dos Ângulos Externos. Também conhecido como Ângulos Horários ou a Direita. Capítulo VI – Metodologia. Capítulo V – Proposta 2 – Planilha Eletrônica.

CDD:

INTRODUÇÃO

O presente trabalho propõe amenizar o desequilíbrio tecnológico, hoje ainda existente na região da AMURES (Associação dos Municípios da Região Serrana), no que diz respeito aos serviços topográficos, desenvolvidos por prefeituras, cursos técnicos industriais, pequenas empresas e profissionais autônomos.

Pode-se dizer que a topografia rege o papel de disciplina desbravadora no campo das engenharias, no que se refere a representação cartográfica cotada e bem detalhada de um terreno, tendo em vista que sempre que se vai projetar uma obra na área de várias engenharias, se faz necessário um estudo detalhado do local que receberá a obra. Assim pode-se justificar a importância da topografia na área das engenharias, pois todos os projetos desta natureza são elaborados, detalhados, implantados e executados, tendo como referência o projeto topográfico. Sendo assim, a topografia deve ser contemplada com a melhor equipe de profissionais e melhores equipamentos, para fornecer aos demais segmentos, projetos bem detalhados e informações com excelente precisão. A topografia é merecedora de reconhecimento como imponente desbravadora do local que receberá a obra, servindo como base sólida e como banco de dados capaz de sustentar a elaboração, implantação e o desenvolvimento de qualquer projeto de pequeno, médio e grande porte, e certamente também contribuirá com valiosas informações para a elaboração de orçamentos, cronograma, fiscofinanceiro, avaliação de volume de materiais destinados a aterros e desaterros e dados para desenvolvimento de estudos referente ao impacto ambiental.

É com base nestes conhecimentos que se busca destacar a relevância da utilização desta proposta de informatização, através do emprego de funções de algumas ferramentas computacionais, que possuem afinidades com operações e métodos topográficos de campo, mesmo sabendo que se trata de *softwares* afins, e não específicos para a área topográfica, porém capazes de suprir as carências tecnológicas citadas, com eficiência.

Entende-se que o computador é a máquina da vez para solução de todos os problemas na área de processamento numérico e gráfico, que exija rapidez, precisão, altas resoluções e grande capacidade para armazenamento de dados, atendendo também com eficiência a área de som e imagem.

O computador revolucionou a sociedade e o mercado de trabalho, quebrando paradigmas ao longo de sua existência, estabelecendo nos dias de hoje uma espécie de segundo marco no analfabetismo mundial, pois antes da era do computador, analfabeto era apenas os indivíduos que não sabiam ler e escrever, hoje está se tornando analfabeto qualquer cidadão que não domine pelo menos o básico da informática, independente do grau de formação.

A emergente disparada tecnológica na área topográfica, através da chegada dos modernos instrumentos com leituras eletrônicas com raio laser ou infravermelho (estação total) com grande capacidade de armazenamento de dados e compatível com eficientes sistemas de automação topográfica, causou grande desequilíbrio tecnológico na área de prestação de serviços, em função do alto custo dessa tecnologia.

Uma estação total topográfica de linha custa em torno de R\$ 50.000,00 (cinquenta mil reais), e hoje são poucos os profissionais que dispõe deste valor ou condições para financia-lo, principalmente os recém formados. Isto sem contar com um bom computador e um carro que a profissão exige. Tendo em vista esta aparato de dificuldades e a carência tecnológica encontrada na Região Serrana de Santa Catarina, conforme dados já citados no texto em função da pesquisa realizada junto

as prefeituras, escolas, profissionais da área de topografia e pequenas empresas, buscou-se através da informática uma proposta de informatização acessível para atender a demanda da região.

Propõe-se a utilização de duas ferramentas de informática disponíveis, para a elaboração de uma proposta para informatização de levantamentos topográficos executados com teodolito mecânico, disponível na região. Neste caso, buscou-se a solução através dos *softwares Autocad e Excel*. Poderia-se buscar a solução com a utilização de outros sistemas, como: Visual básica, *Delphi*, Intellicad, Autolisp, Post script ou outros sistemas de planilhas.

CAPÍTULO I

1. JUSTIFICATIVA

É conhecida a existência de *softwares* específicos para topografia, que por sua vez são mais eficazes que o *Autocad*, porém sua eficácia esta ligada à compatibilidade com aparelhos eletrônicos (estação total), como é o caso dos *softwares topograf* e posição.

Por se tratar de aparelhos e sistemas de automação topográfica de uso restrito na região serrana, somando a estas condições, o alto custo e a carência de opções para pesquisa e treinamento é que se optou pela proposta alternativa de informatização através do *Autocad* e *Excel*.

Com certeza a utilização da estação total que é um equipamento topográfico eletrônico de alta precisão, revolucionará a área topográfica. Com elas poderá realizar todos os trabalhos clássicos da topografia, como levantamentos, nivelamentos, implantações, cadastro para cartografia ou até mesmo simples medições de ângulos, distâncias e coordenadas X, Y, Z. As estações são encontradas em várias marcas, modelos e níveis de precisão, possuem memória com capacidade de armazenar até 8.000 pontos, dependendo da versão pode combinar dois tipos de distanciômetros. Um de infravermelho e outro a raio laser. Seus coletores de dados são compatíveis com sistemas de automação topográfica, que gera melhor qualidade no produto final, reduz o tempo no trabalho de campo e

de escritório, aumenta a precisão e na maioria das operações reduz o erro humano, pois os dados de campo são coletados através de leituras com raio infravermelho ou com raio laser, e no escritório esses dados são lançados automaticamente, gerando projetos planimétricos e planialtimétricos cotados, gerando também o volume de corte e aterro a partir de um greide determinado, bem como divisão de terras (superfícies), porém os altíssimos custos de aquisição e manutenção da aparelhagem tornam praticamente impossível a utilização por técnicos, escolas e prefeituras de pequeno porte.



Figura 1 – Estação total

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Oportunizar aos alunos e professores de topografia do ensino médio, topógrafos, técnicos industriais, engenheiros, arquitetos, agrônomos, micro-empresas e prefeitura da região da AMURES (Associação dos Municípios da Região Serrana) que não possuem estação total com sistema de automação topográfica, desenvolver uma metodologia alternativa de informatização topográfica.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Oferecer alternativas para que os profissionais menos equipados tecnologicamente possam desenvolver projetos topográficos informatizados.
- Melhorar a qualidade dos projetos topográficos com custo relativamente baixo.
- Aumentar a produtividade e precisão nos trabalhos de escritório, principalmente no que tange a cálculos de superfícies, medidas de ângulos e distâncias.
- Criar arquivos eletrônicos capazes de: a) produzir cópias iguais ao projeto original; b) agilizar a alteração correção e ampliações de projetos a partir de arquivos existentes.
- Oferecer uma ferramenta informatizada capaz de servir como meio de fiscalização dos serviços de campo, nas etapas de operações no escritório.
- Reduzir tempo e custos nos serviços de escritório.
- Desenvolver uma técnica híbrida entre *Excel*, *Autocad*, *Visual Basic* e *Delphi* para melhorar o visual estético e paisagístico da planta topográfica.

1.2 Caracterização do Problema na Região Serrana

Municípios e demanda tecnológica topográfica atual.

Lages: Prefeitura opera com teodolitos mecânicos ou terceiriza com profissionais que possuem estação total.

Profissionais autônomos residentes: 4 possuem estação total básica e sistema incompleto de automação topográfica; 12 profissionais atuando com teodolitos mecânicos e sem sistema de automação.

São Joaquim: a prefeitura e dois profissionais autônomos operando com teodolitos mecânicos e sem sistema de automação.

Urupema: a prefeitura não possui departamento de topografia com equipamentos e no município não atuam profissionais residentes, geralmente são profissionais de São Joaquim que prestam serviços na região.

Painel: a prefeitura terceiriza os serviços, geralmente com profissionais que atuam com teodolitos mecânicos e sem algum tipo de informatização.

Otacílio Costa: a prefeitura atua com uma estação total e sistema de automação topográfica mas no município atua um profissional com teodolito mecânico e sem qualquer sistema informatizado.

Palmeiras: não possui profissionais de topografia no município, esta região é assistida por profissionais de Lages ou Otacílio Costa.

Capão Alto: não possui profissionais de topografia no município, esta região é assistida por profissionais de Lages.

Campo Belo do Sul: possui um topógrafo no Município operando com teodolito. A Prefeitura é assistida pelo topógrafo da AMURES.

Cerro Negro: não possui profissionais de topografia, são profissionais de Lages ou Anita Garibaldi, que prestam serviços para a prefeitura e à comunidade.

Anita Garibaldi: o município conta com um profissional de topografia, que presta serviços para a prefeitura e à comunidade, atuando com teodolito mecânico e sem sistema informatizado.

São José do Cerrito: o município não possui profissionais de topografia, são profissionais de Lages ou Correia Pinto que prestam serviços no município.

Correia Pinto: possui um profissional que opera com teodolito mecânico, prestando serviços à prefeitura e para a comunidade, sem sistema informatizado.

Ponte Alta: não possui profissionais de topografia, são profissionais de Curitiba ou Correia Pinto que prestam serviços à prefeitura e à comunidade, usando teodolito mecânico e sem sistema informatizado.

Bocaina do Sul: o Município (prefeitura) não dispõe de serviços topográficos e nem profissionais residentes, esta região é assistida por profissionais de Lages.

Rio Rufino: a prefeitura não possui topógrafo, os serviços são prestados por profissionais de outros Municípios. Não tem topógrafo residente no município.

Bom Retiro: a Prefeitura não possui topógrafo, é assistida por profissionais da AMURES.

Urubici: a Prefeitura possui topógrafo e estação total com sistema de automação topográfica. No Município reside apenas um topógrafo autônomo com teodolito mecânico.

Bom Jardim da Serra: a Prefeitura não possui topógrafo, é assistida por um topógrafo autônomo que reside no Município, operando com teodolito mecânico.

1.3 Número de Prefeituras e Profissionais Autônomos da Região da AMURES

- Número de prefeituras que compõe a Região da AMURES – 18 – 100%
- Número de prefeituras que dispõe de estação total – 3 – 16,666%
- Número de prefeituras que operam com teodolito mecânico – 3 – 16,666%
- Número de prefeituras que não dispõe de serviços topográficos – 12 – 66,666%.

1.4 Profissionais que atuam na Área Topográfica na Região da AMURES sem Vínculos Empregatícios com as Prefeituras

- Número de profissionais atuantes em topografia – 19 = 100%
- Número profissionais operando com estação total - 4 = 21,05%
- Número de profissionais operando com teodolito mecânico – 15 = 78,95%.

1.5 Questão Pedagógica

Não poderíamos deixar de comentar a aplicação pedagógica das alternativas de informatização topográfica descrita no texto (proposta 1 e proposta 2), pois durante a pesquisa de campo encontramos indicadores que determinaram certos critérios para a elaboração dessas propostas. Basicamente pensou-se em dois pontos de vista, desenvolver uma ferramenta para atender as prefeituras, profissionais e pequenas empresas, sendo uma ferramenta simples, precisa e principalmente rápida no processamento dos dados, mas que ao mesmo tempo

fosse uma ferramenta didática quando utilizada por professores na disciplina de topografia. No Centro de Formação Profissional de Lages “Renato Ramos da Silva” (CEDUP), já adotamos a utilização dessas propostas, pois elas atendem a nossa carência tecnológica atual com eficiência.

Também está sendo estudado a utilização das propostas 1 e 2 no Colégio Agrícola Caetano Costa de São José do Cerrito, através do professor Jocelito.

Agora na última quinzena de dezembro de 2002, participou-se de um curso no Município de Camboriu – SC, juntamente com outros representantes dos demais CEDUPs do Estado, sendo que nesta ocasião trocamos idéias com alguns professores de topografias e verificamos que o situação tecnológica na área de topografia é a mesma da Região Serrana, onde desenvolvemos a pesquisa. Por ocasião deste encontro, despertou o interesse dos professores de topografia dos Colégios Agrícolas em utilizar as propostas 1 e 2 a partir de 2003, iniciando pelo professor Marino do Colégio Agrícola do Município de Água Doce. Neste mesmo encontro chegamos ao consenso de que primeiramente os alunos devem vivenciar o método tradicional para se apropriar de todas as etapas de cálculos de uma planilha de cálculo analítico, bem como a confecção do projeto em escala. Depois a utilização da proposta 1 (*Autocad*) e por último a proposta 2 (Planilha eletrônica). Do ponto de Vista pedagógico tanto a proposta 1 quanto a proposta 2 tem grande relevância, pois permite que o usuário interaja em todos os aspectos permitindo uma análise passo a passo dos dados processados.

Como professor e profissional de topografia entendo que devemos buscar a atuação em equipe como agente transformador, administrando conflitos e problemas, quebrando paradigmas, através de técnicas e estratégias, visando a prática pensada, socializando o saber. Quanto ao uso das propostas 1 e 2 por profissionais está sendo utilizada por topógrafos de São Joaquim, Correia Pinto e alguns topógrafos de Lages.

Figura 2 – Mapa do Estado de Santa Catarina – Destacando a Região da AMURES.

1.6 Motivos do uso do *Autocad*

O interesse pela utilização do *Autocad* foi despertado por vários motivos, tais como:

- a) por ser um *software* multiuso e altamente interativo;
- b) possui grande afinidade com operações e métodos topográficos de campo;
- c) *Autocad* básico está sendo substituído por versões mais atualizadas, sendo descartado por profissionais;
- d) foi lançado no mercado sem chave de *hardlock*, tornando-se em produto de fácil aquisição;
- e) já existe versões sendo disponibilizadas na internet gratuitamente;
- f) possui fácil acesso ao treinamento;
- g) é compatível para o lançamento de dados coletados com teodolitos mecânicos;
- h) possui vários tipos de linhas e hachuras;
- i) possui editor de texto, ferramentas para cálculo de área e determinação de ângulos, distâncias e coordenadas;
- j) permite a criação de *layers* e desenhos em escala
- k) por possibilitar a oportunidade de utilizar apenas teodolitos mecânico na pesquisa de campo.

1.7 Motivos do uso do *Excel*

- Por ser um *software* interativo;

- por ter afinidade direta com o desenvolvimento da proposta de informatização;
- é um *software* que faz parte do pacote do *Officie*, sendo relativamente barato;
- já está consolidado no mercado e oferece fácil acesso ao treinamento;
- a *interfacci* é amigável;
- opera planilha de cálculo integrada com gráfico;
- possui fórmulas e funções pré-definidas;
- permite trabalhar com planilha contendo milhares de linhas e várias dezenas de colunas;

aceita impressão total ou parcial de planilhas.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo Fonseca (1979, p.1-2);

O homem desde que começou a raciocinar a respeito de sua situação sobre a face da terra, sempre tem sentido o desejo e a necessidade de conhecer, tanto no todo como nos detalhes, a conformação e grandeza dos elementos topográficos que circulam. Para satisfazer a esse anseio de conhecimento e representação, foram inventadas a topografia, a Geodésia e até parte da Astronomia. Todas essas ciências, através das suas medições e cálculos mais ou menos complexos, colaboram para fornecer um certo número de dados que servirão, como providência final, para a confecção de uma figura representativa, em grandeza e posição do aspecto geral e conjunto de uma região terrestre que, de outra forma não seria abrangida por um só golpe de vista. Essa figura é o mapa, a carta ou a planta da região em apreço e sua técnica de execução conduz ao desenho cartográfico do qual o desenho topográfico é parte necessária, porquanto complementa com detalhes indispensáveis as linhas e demais elementos da cartografia. O desenho topográfico pode ser definido como representação gráfica de um terreno, através de um processo de projeção, fornecendo um esclarecimento perfeito das formas e relevos dos acidentes naturais e artificiais nele existentes.

Enquanto a cartografia recorre a diversos sistemas de projeção, uns geometricamente exatos, outros apenas aproximados, o desenho topográfico emprega, salvo raras exceções, a projeção cotada exata. O desenho topográfico, em suas atividades, envolve ao mesmo tempo, ciência e arte. Como Ciência, requer primordialmente conhecimentos de topografia e de geometria, tendo aplicações em numerosas funções técnicas e de pesquisa, quais sejam as das edificações, agronomia, cadastro, geologia, mineração, vias de comunicação e muitas outras.

Como arte, implica na perfeição de execução na harmonia do conjunto, na apresentação atraente e no colorido, atingindo em equilíbrio estético desse conjunto, satisfazendo plena e simultaneamente às finalidades colimadas.

O domínio do desenho topográfico por aqueles que pretendem executá-lo conscienciosamente, abrange três setores de conhecimento que se completam.

Primeiramente o conhecimento pessoal da região a representar, suas operações, como vemos, seguem de perto as operações de “campo” e o conhecimento do terreno muitas vezes facilita o traçado evitando erros grosseiros.

O segundo setor a considerar é o da matemática, notadamente o da geometria projetiva ou descritiva; os dados colhidos no terreno pelo topógrafo não raro devem ser tratados racionalmente pelo desenhista para que sejam auferidos deles os elementos necessários ao desenho.

Finalmente o cartógrafo não pode prescindir de uma boa prática do desenho geométrico e, principalmente do desenho a mão livre, em relação ao conjunto do traçado de uma planta ou carta topográfica.

Todas essas atividades requerem do executante, não só o conhecimento da matéria, mas também a arte e o bom senso, sem a qual o seu trabalho poderá ser inútil, pelo menos desprovido da eficácia que seria desejada ou que poderia atingir.

2.1 Compensação Gráfica de uma Poligonal Fechada

Segundo Espartell (1965, p.105), quando o erro angular constatado for admissível, reparte-se o mesmo por todos os ângulos medidos, igualmente em cada ângulo. Porém, em sua planilha de cálculo analítico ele distribuiu o erro angular levando em consideração o comprimento dos lados da poligonal. Já segundo Rômulo Soares Fonseca, para efetuar a compensação há vários métodos, mas antes de abordados, é oportuno fazer notar que, compensar um erro de fechamento em uma poligonal, é distribuir por todos os elementos da mesma, um erro que pode ter sido cometido em um só desses elementos e então, em vez de termos N elementos certos e um errado, teremos $N + 1$ todos errados.

Pelo conhecimento que se tem de topografia, faz pouco sentido pensar que o erro de fechamento angular tenha sido cometido em um único ponto, pois é mais sensato atribuir este erro como sendo a soma das pequenas diferenças angulares cometidas em cada visada, pela falta de verticalidade da baliza ou prisma, dependendo do aparelho utilizado, tendo em vista que na maioria das vezes o operador não visualiza o centro do topo do piquete e sim a parte superior da baliza

ou prisma. Se todas as visadas fossem realizadas com a visualização do piquete o erro de fechamento seria bem menor, tendendo a zero, porém aumentaria os serviços de campo e de escritório, tornando-se anti-econômico.

No caso de cometer o erro angular em um único ponto, em geral este seria um erro grosseiro e na grande maioria das vezes o erro grosseiro, por menor que seja, será maior que o erro admissível, tornando necessário a repetição do serviço de campo para detectar onde foi cometido o erro, descaracterizando tal preocupação.

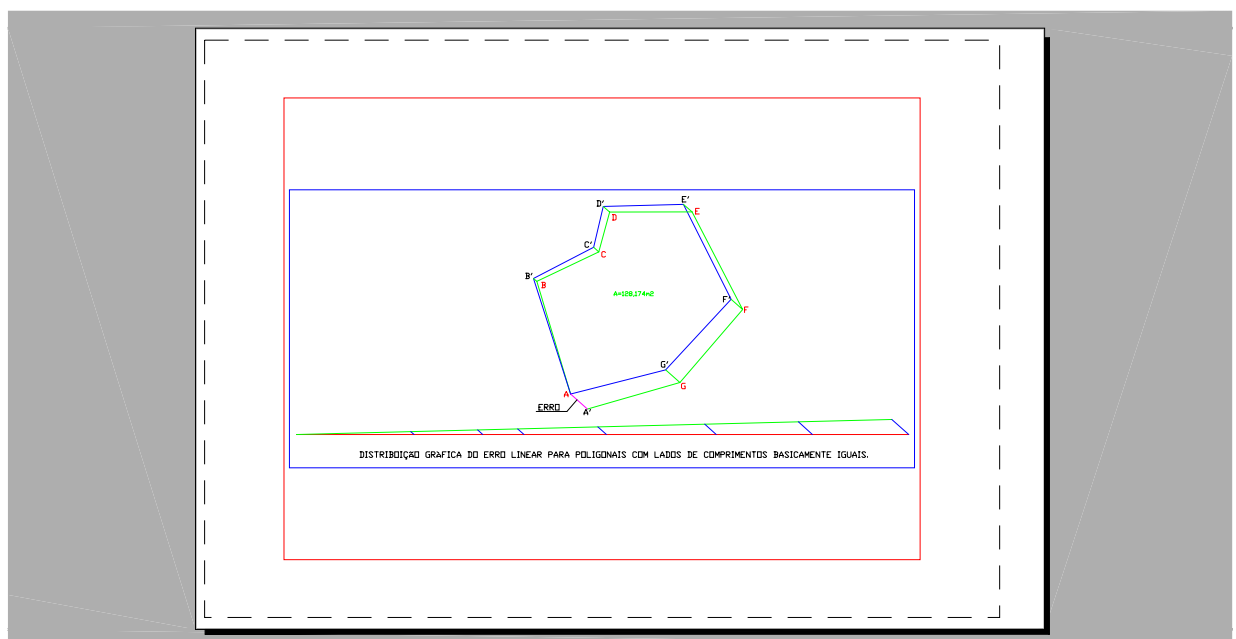


Figura 3 – Distribuição gráfica do erro linear

A figura 3 representa a compensação gráfica de uma poligonal fechada através do método gráfico determinado por Rômulo soares Fonseca.

2.2 Sumário Histórico da Evolução da Topografia

A Topografia, cujo significado etimológico da palavra é descrição do lugar, estuda instrumentos métodos de operações no terreno, cálculos e desenhos

necessários ao levantamento e representação gráfica mais ou menos detalhada de uma parte da superfície terrestre.

Os egípcios, os gregos, os árabes e os romanos, nos legaram instrumentos e processos que, embora primitivos serviram para descrever e avaliar propriedades rurais, com finalidades cadastrais; na história da topografia de Laussedat, são mencionadas plantas e cartas militares e geográficas bem interessantes, organizadas nos primórdios da topografia, ou melhor, da chamada geometria aplicada.

Mas somente nos últimos séculos, a topografia teve uma orientação mais orgânica, passando do empirismo às bases de uma autêntica ciência, graças ao notável desenvolvimento que tiveram especialmente a matemática e a física.

A carta da França, publicada no início do século XIX pela academia francesa e compilada pelo cartógrafo italiano Cassini, é o primeiro trabalho executado com técnica e estilo próprios.

Os aperfeiçoamentos da mecânica de precisão introduzidos nos instrumentos topográficos, devido principalmente aos geniais estudos do engenheiro suíço Henrique Wild, do geodesta italiano Iguazio Porro, de Carl Zeiss, Pulprich, Orel da importante Casa Zeiss, e tantos outros, contribuíram eficientemente para o progresso crescente da aplicação dos métodos desenvolvidos pela topografia, principalmente no extraordinário aperfeiçoamento da fotogrametria aérea e terrestre, esta primeira dominando hoje em dia a maioria dos grandes levantamentos topográficos, pela exatidão, presteza e custos mais reduzidos dos trabalhos.

Os progressos realizadas na parte óptica dos instrumentos, devido a Kepler (1.600), Porro, Zeiss, Wild e outros; na medida direta das distâncias devidas a Porro, Bessel, Jaderim; na leitura de ângulos, devidos a Vernier e P. Novius, Banerfeind, Zeiss, Wild; mas levantamentos topográficos devido a Pothénót, Snellius, Hansen; na avaliação mecânica das áreas devido aos aparelhos Amsster, Coradi, Galileo e outros, deram a topografia o valor que realmente tem como ciência e como técnica no levantamento topográfico preciso do terreno e na representação gráfica

equivalente, servindo como apoio de qualquer trabalho de engenharia ou agrimensura (ESPARTEL, 1965, p.5).

2.3 Métodos de Levantamentos Topográficos

Vários são os métodos de levantamento topográficos. A escolha do método mais adequado depende do tamanho e das características do terreno, bem como da preferência do operador.

No estudo em questão será citado apenas o método por caminhamento pelos ângulos externos e seus respectivos métodos auxiliares para o levantamento dos detalhes.

A adoção desse método foi definida pela boa precisão, aplicabilidade em qualquer tipo de terreno independente do tamanho, características e tipos de perímetro.

2.3.1 Levantamento por Caminhamento

O levantamento por caminhamento consiste em percorrer o contorno de um polígono, saindo de um ponto inicial e retornando a ele, medindo-se os ângulos e as distâncias (comprimento) dos lados que compõe tal polígono.

É um método trabalhoso mas muito bom quanto à precisão. Adapta-se para qualquer tipo e extensão de área, sendo na prática utilizado para áreas relativamente grandes e acidentadas. Como na maioria das vezes não é possível caminhar exatamente sobre o perímetro da propriedade, o polígono formado no levantamento não irá coincidir com a área desejada e para a complementação do levantamento, associam-se ao caminhamento, os métodos de irradiação e intersecção como auxiliares, sendo que o de intersecção é mais utilizado para amarrar pontos inacessíveis e pontos distantes que fogem do alcance do aparelho. Mas na grande maioria dos casos é utilizado o método de irradiação, sendo que o método de intersecção é usado só situações especiais.

No levantamento por caminhamento as distâncias normalmente são obtidas indiretamente, isto é, por estadimetria, leituras com raio infra-vermelho e leitura a laser, a não ser quando são pequenas, ocasiões em que se usa a trena para obtê-las. Já os ângulos horizontais podem ser obtidos por três processos:

- a) Pelas deflexões;
- b) Pelos ângulos internos dos vértices do polígono;
- c) Pelos ângulos externos dos vértices do polígono.

Observação: por questões de preferência, utilizou-se o processo dos ângulos externos. Preferência esta que varia de acordo com cada operador, no nosso caso optamos pelo método dos ângulos externos.

Mas o motivo principal desta opção foi a pouca ênfase dada a esse método pelos autores consultados como: Lélis Expartel, José aníbal Comastri, Alberto de Campos Borges, Edgar Blücher e Rômulo Soares Fonseca.

Como os autores citados não descrevem passo a passo este método de levantamento, como fizeram para os métodos de deflexão e ângulos internos, aproveitamos a oportunidade para descrever-lo passo a passo os procedimentos de campo e de escritório, citando inclusive no texto, causas que dão origem aos erros que afetam as medidas lineares e angulares, bem como sugestão para a distribuição do erro linear através de fator ao invés de intervalos como no caso de Lélis Expartel, visando assim uma distribuição mais proporcional.

Com as medidas efetuadas no campo pode-se detectar os erros acidentais durante o levantamento para a medida dos ângulos, sendo que o erro cometido na distância só poderá ser detectado após várias etapas de cálculos no escritório. Estes erros são comparados com os chamados limites de tolerância, isto é, com os erros máximos permissíveis para os ângulos e para as distâncias.

O conjunto de pessoas para este método de levantamento é constituído de um operador, um balizeiro ou auxiliar de ré e um balizeiro ou auxiliar de vante, que acumula as funções de porta-mira.

O levantamento por caminhamento será dividido em duas etapas: a primeira, o trabalho de campo, onde serão anotadas todas as medições efetuadas e todos os detalhes que deverão constar na planta; assim, na caderneta de campo serão anotados os valores dos ângulos e das distâncias dos alinhamentos e ao lado confecciona-se o “croquis” isto é, um esboço do trabalho que está sendo feito e anotando-se aí todas as informações que forem julgadas de importância. A segunda fase será o trabalho de escritório, compreendendo os cálculos e o desenho da poligonal topográfica; os cálculos são procedidos em seqüência, resultando na planilha, isto é numa série de colunas com os dados dos alinhamentos, que servirão como base para o desenho da planta e cálculo da área da poligonal verdadeira.

2.3.2 Trabalho de Campo Referente Poligonal de Base

Iniciando-se num ponto escolhido como origem, percorre-se o perímetro do polígono formado pelos alinhamentos medidos e retorna-se ao ponto inicial. A este polígono dá-se o nome de poligonal de base. Se o referido polígono coincidir exatamente com o perímetro da propriedade (poligonal verdadeira), não haverá evidentemente, necessidade de nenhum método auxiliar para complementar o levantamento, pois caminha-se sobre as divisas da área. Neste caso as poligonais de base e verdadeira são iguais.

Entretanto, na grande maioria dos casos, isto raramente acontece, pois nem sempre o perímetro das propriedades são constituídas por lados retos e mesmo que fossem, tornaria problemático o caminhamento sobre as divisas, pela impossibilidade ou dificuldade de estacionar o instrumento, como no caso da existência de cercas, taipas, estradas, rios, obstáculos e locais de difícil visibilidade. Então, será necessário que se afaste do perímetro da poligonal verdadeira, caminhando-se na parte interna, parte externa e as vezes interna e externa da área a ser levantada, formando a referida poligonal de base; logicamente os pontos que compõem o perímetro da poligonal verdadeira terão que ser referenciado (amarrados) nos vértices estação da poligonal de base. Isto é feito com o auxílio do método de irradiação, intersecção ou pelas ordenadas, métodos esses que serão utilizados também se houver necessidade da locação de pontos ou detalhes no

interior da área a ser levantada. Por questão de eficiência e preferência, utilizou-se o método de irradiação, os demais métodos são mais indicados para casos especiais, conforme citações referente aos desenhos de irradiação, intersecção e coordenadas da figura 4.

Sempre deve-se caminhar o mais próximo possível do perímetro da poligonal verdadeira, de forma que a poligonal de base abranja quase que a totalidade da área, desta maneira a parte a ser medida por métodos auxiliares torna-se mínima, ganhando-se em precisão e os erros angulares e lineares que dizem respeito à poligonal serão representativos da área levantada.

2.3.3 Referências de Pontos ao Alinhamento da Poligonal de Base (“amarrações”)

Toda vez que a poligonal de base não coincidir com o perímetro, será necessário referenciar os pontos deste aos vértices (estações) da poligonal. São as chamadas “amarrações” por métodos auxiliares, o mesmo ocorrendo quando no interior da área existam detalhes que devam constar na planta como: casas, lagos, açudes, estradas, aceiros, banhados, ilhas de pedras, mata nativa, reflorestamentos com idades diferentes, lavouras e divisas internas.

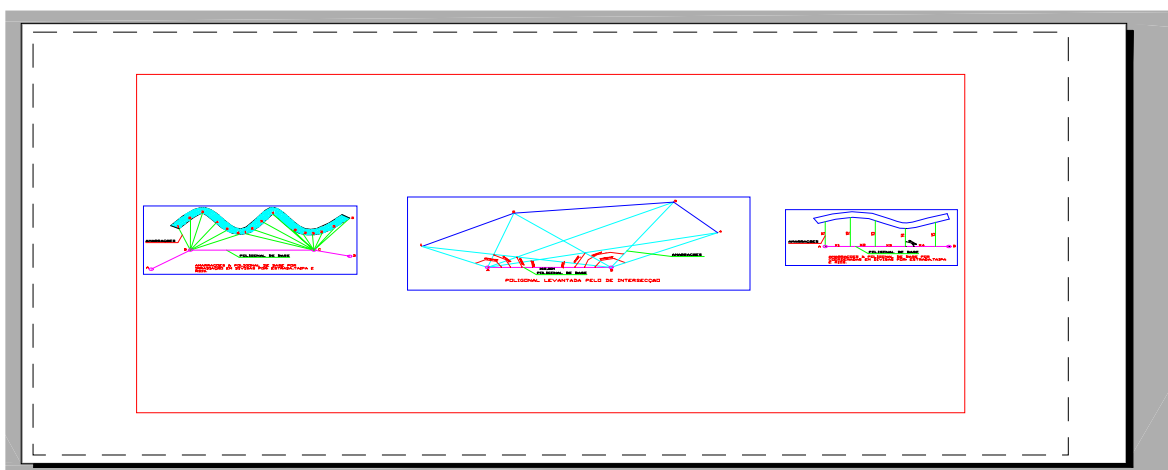


Figura 4 – Irradiação, intersecção e coordenadas

A figura 4 de irradiação, intersecção e coordenadas, representam os chamados métodos auxiliares do método geral de levantamento, utilizadas para

fazer a amarração dos detalhes internos e os vértices da poligonal verdadeira (perímetro do terreno). O método geral, que pode ser o caminhamento pelos ângulos externos, ou ângulos internos, ou ângulos de deflexões, dependendo da preferência do operador. Com certeza o método de irradiação é o mais indicado, pois no campo é o mais preciso e mais rápido de ser aplicado. O uso do método de intersecção só se justifica em casos especiais, como amarrar pontos inacessíveis, pontos onde o auxiliar vante (porta mira) corra algum risco de acidente ou ainda em pontos distantes que fogem do alcance do instrumento, sendo que nesse caso compromete mais a precisão da localização do ponto visado. Quanto ao método de coordenadas, não aconselha a utilização do mesmo no campo, pois se trata de um processo em que a visada de amarração tem que formar um ângulo de 90° em relação ao lado da poligonal de base, e dificilmente esta visada atinge a poligonal verdadeira no ponto adequado (vértice do perímetro do terreno), causando erros ou transtornos no campo. No caso de levantamento para fins de layout de sítios e fazendas, usa-se muito a poligonal aberta como auxiliar do método geral para levantar (amarrar) os detalhes internos, como capão de mata nativa, banhado, pomares, açude, estrada, rio, gleba reflorestada, lavouras e a sede da propriedade. A poligonal aberta parte de uma das estações (vértices) da poligonal de base, e nas estações desta poligonal aberta se faz a amarração dos detalhes através de irradiação.

Freqüentemente no caso das amarrações, ocorrem problemas quando os detalhes internos localizam-se longe da poligonal de base ou existem obstáculos entre o vértice (estação) da poligonal e os pontos a serem visados; conseqüentemente torna-se impossível efetuar as visadas. Para contornar tal problema, lança-se mão de uma poligonal de base aberta de 2ª ordem, cuja finalidade é permitir que se atinja, a partir de um vértice (estação) da poligonal de base, o levantamento de pontos do detalhe desejado. Na poligonal aberta se utiliza tantas estações quantas forem necessárias para se alcançar um local de boa visibilidade. Quando se trata da locação de um detalhe em forma de poligonal fechada, contorna-se esse detalhe com a poligonal aberta amarrando todos os pontos relevantes deste detalhe nas estações da poligonal aberta através de irradiações parciais.

Os dados dessa poligonal aberta servirão apenas para locar os detalhes na planta, não envolvendo aí os cálculos angular e linear de fechamento, que dizem respeito somente a poligonal de base.

2.3.4 A Escolha dos Vértices da Poligonal de Base

A função de auxiliar de ré é simplesmente manter a baliza na vertical nos pontos onde passou o operador com o teodolito, para que este possa efetuar visadas de ré e obter os ângulos de deflexão ou internos ou externos. Já o auxiliar de vante tem função mais importante, pois além de segurar a baliza e também a mira, caberá ele decidir a localização dos pontos que formarão a poligonal de base, isto é, dos pontos onde obrigatoriamente o aparelho será estacionado.

O primeiro ponto da poligonal é chamado de marco primordial (MP), onde se iniciará e terminará o trabalho de campo. Este ponto será escolhido de forma a se ter garantia de permanência, de modo que quando se retorne “fechando” a área, ele seja encontrado com facilidade. Deve-se então escolher um ponto de difícil acesso a estranhos e cravar um piquete especial para que o mesmo não seja arrancado com facilidade, mas que seja facilmente encontrado pelo operador, indicando-se no “croquis”, com detalhes, todas, as referências que permitem uma perfeita identificação desse marco primordial.

Os demais pontos, onde o auxiliar de vante cravará os piquetes, deverão ser escolhidos de forma que permitam estacionar o aparelho com facilidade (lembrar que em cada vértice cravado sempre passará o operador com o instrumento), que haja boa visibilidade para as visadas a partir desse ponto, evitando a interferência de obstáculos, que as distâncias entre o aparelho e vante sejam tão grandes que permitam visadas com segurança na mira, e ao contrário, evitando perda de tempo, tanto no campo como no escritório, no caso de distâncias excessivamente curtas.

Além do natural resguardo que se deverá ter em relação ao marco primordial, sempre é conveniente que os demais pontos sejam mantidos no terreno para qualquer eventualidade e principalmente no caso de se interromper o serviço

por qualquer razão, a boa continuidade do trabalho exige que os dois últimos pontos da poligonal sejam mantidas, assim, ao reinício do levantamento, o teodolito será estacionado na última estação (ponto) e na penúltima será feita a visada ré para dar seqüência nas medições dos ângulos externos e distâncias ou qualquer outro método por caminhamento.

2.3.5 Medição dos Ângulos

O processo aqui descrito será o caminhamento por ângulos externos e para tal a seqüências será a seguinte: no ponto MP (Marco Primordial), estacionar, nivelar, ajustar a zero o retículo horizontal e orientar o instrumento. Nessas condições o aparelho estará pronto para iniciar a mediação de ângulos azimutais, a partir da direção norte magnético (N.M.).

Todas as visadas feitas do ponto MP, são azimutes tanto para as amarrações como para o alinhamento inicial MP – A da poligonal de base. Em todas as estações são medidos os ângulos e as distâncias de cada visada.

A partir da segunda estação o instrumento é orientado na estação anterior, ou seja, da estação A e nas demais, tanto para os alinhamentos da poligonal de base como para as amarrações serão medidos e anotados os ângulos externos, bem com as distâncias, e seus respectivos azimutes serão calculados no escritório em função do azimuth inicial (MP-A) e dos ângulos externos.

A partir da segunda estação os ângulos serão medidas pelo processo dos ângulos externos ou outro processo, para evitar o erro proveniente da orientação indicada pela agulha da bússola, pois a mesma pode sofrer interferências locais, tais como: estações cravadas próximo de cercas de arame, cercas elétricas, rede de alta tensão, rede de eletrificação rural, maquinas trabalhando muito próximo e operador usando relógio com pulseira metálica.

Em resumo, apenas no ponto MP é que se orienta o aparelho , portanto, a partir dele são obtidos os azimutes diretamente. Da estação seguinte até o final do levantamento, mede-se apenas os ângulos externos, e os azimutes são calculados.

Percorre-se a poligonal até chegar ao ponto inicial MP, quando novamente visa-se o ponto A. Esta repetição de visada MP-A é que permitirá calcular o erro angular de fechamento comparando a soma dos ângulos externos com a condição de fechamento angular. Esta condição será explicada nas etapas dos serviços de escritório, porém a comparação deve ser feita no campo, pois se o erro cometido for maior que o permitido, o levantamento deve ser executado novamente.

Para o cálculo dos azimutes relaciona-se o primeiro azimuth da poligonal de base com o ângulo externo da estação seguinte. Assim, todas as amarrações feitas a partir de um vértice terão seus azimutes calculados baseados no azimuth do alinhamento anterior da poligonal e o ângulo externo de cada visada. E o azimuth do novo alinhamento da poligonal de base será calculado relacionando-se o azimuth do alinhamento anterior da poligonal e o ângulo externo seguinte e assim sucessivamente. Desta maneira, os pontos das amarrações terão seus azimutes calculados, mas não são utilizados para o cálculo de novos azimutes da poligonal, a exemplo dos seus ângulos externos que não entram no cálculo do fechamento angular.

2.3.6 Medição das Distâncias

No caminhar da poligonal, as distâncias em geral são obtidas indiretamente, por estadimetria ou diretamente, com trena, quando as mesmas forem pequenas, como no caso de algumas amarrações. Quando utilizar a trena a medida deve ser efetuada na horizontal.

A medida dos ângulos externos deve ter como referência o centro da baliza. Sempre que possível deve centralizar a baliza o mais próximo possível do piquete, desta forma o levantamento terá com certeza maior precisão no fechamento angular. O auxiliar de vante deve fazer uma marca no piquete exatamente onde foi posicionada a baliza, para o operador instalar o aparelho nesta referência, isso caracteriza boa precisão angular.

Após o operador ter anotado o ângulo, o auxiliar de vante substitui a baliza pela mira e o operador anotar os valores dos dois (retículos) fios estadimétricos

externos que interceptam a mira; complementa-se a leitura, anotando o ângulo de inclinação da luneta (α) e posteriormente cada alinhamento terá sua distância horizontal calculada pela formula estadimétrica.

$$1) D = m \cdot G \cdot \cos^2 \alpha$$

onde: D é a distância horizontal

M é a diferença de leitura entre os retículos extremos

α é o ângulo de inclinação da luneta.

G é a constante de multiplicação = 100 sempre fixa.

Após ler a descrição do trabalho de campo citado (editado) por vários autores, como Espartel, professores e profissionais que atuam no ramo da topografia, encontrou-se duas referências: 1) a menor graduação angular do instrumento; 2) as características do relevo do terreno, que justificam a precisão dos levantamentos topográficos, ou seja, os fatores que qualificam um levantamento, tanto para as medidas dos ângulos quanto para as medidas das distâncias. Tem autores que condicionam a precisão, ou quantias de erros tolerável, em função das características do terreno, tanto para as medidas angulares quanto lineares. Outros condicionam o parâmetro de fechamento angular em função da precisão angular do instrumento utilizando no levantamento, e o erro linear em função das características do terreno, sendo que quanto mais acidentado e mais obstáculos, maior será o erro de tolerância angular e linear.

Sendo conhecedor destas referências, deve-se anexar a elas os erros pessoais e instrumentais que julgo serem as principais causas de imprecisão nos trabalhos de campo, principalmente os erros pessoais. Com a finalidade de aprimorar os conhecimentos sobre os procedimentos descritos pelos autores: Lélis Espartel, José Aníbal Comastri e Rômulo Soares Fonseca, referente ao trabalho de campo, realizou-se uma pesquisa de campo na micro região de Lages, onde se teve a oportunidade de executar alguns levantamentos topográficos pelo processo de caminhamento pelos ângulos externos, para avaliação da superfície de propriedades

rurais. O objetivo da pesquisa era vivenciar em loco o método de levantamento e a coleta de dados com os quais se teria melhores condições de confrontar os procedimentos do processo adotado, com os demais processos, comparar as operações de campo com os procedimentos descritos pelos autores: Lélis Espartel, José Aníbal Comastri e Rômulo Soares Fonseca e detectar as principais causas que afetam a precisão dos levantamentos topográficos.

Procurou-se avaliar superfícies em vários pontos da micro região, para não pegar terrenos medido pelo mesmo profissional. Escolheu-se terrenos com superfícies de tamanho e características diferentes, entre eles serviços executados em datas diferentes para enquadrar aparelhos mais antigos e aparelhos modernos.

Após processar os dados de campo e confeccionar a planta topográfica de cada área estudada, constatou-se vários erros grosseiros, o que já era esperado, em função de vários fatores que afetam diretamente o projeto topográfico e indiretamente outros projetos. Por estas razões resolveu-se desenvolver a Segunda Proposta de Informatização (Planilha eletrônica), que além de servir de ferramenta informatizada também poderá evitar a maioria destes erros. A proposta para evitar a maioria dos erros é simples, todos os profissionais de topografia sabem que a maioria dos erros são cometidos no campo, por operadores e auxiliares vante (porta mira) por falta de conhecimentos ou por falta de consciência, pois a precisão do trabalho de campo depende dos dois profissionais.

A chave da questão é que estes erros aparecem no processamento da planilha no escritório, no fechamento angular e nas coordenadas parciais. Novamente a precisão está na mão do calculista, pois não existe nada que iniba um fechamento forçado, mesmo os sistemas de automação topográfica não inibem o erro, apenas processam os dados. Então basta critérios no programa da planilha eletrônica referente as colunas de ângulos lidos e coordenadas parciais, capazes de impedir o processamento dos dados se os erros angular e linear forem maior que os parâmetros permitidos, esse dispositivo funciona como uma espécie de chave que trava o sistema.

Mas o objetivo principal destas coletas de dados feita na região de Lages, visava fazer o lançamento dos dados através das duas propostas de informatização, para testar a eficiência das mesmas. As plantas processadas por essas ferramentas encontram-se nos anexos.

2.4 Considerações sobre o Trabalho de Campo

Após consultar alguns livros de autores consagrados como Lelis Espartel, José Anibal Comastri, e algumas obras escritas por renomados mestres e profissionais, de várias instituições ligadas à atividades topográficas, buscando subsídios teóricos para respaldar a fundamentação desta dissertação de mestrado, no que tange a parte restrita da topografia, mais especificamente aos métodos de levantamentos por caminhamento, tendo como foco principal o levantamento por caminhamento pelo processo dos ângulos externos, também conhecido como ângulos a direita ou horários, percebeu-se a possibilidade de desenvolver um trabalho conjugando o trabalho de campo e de escritório explorando ferramentas do *Autocad* e também o *Excel* para dados de campo coletados com teodolitos mecânico.

Conseguiu-se captar pontos interessantes, capazes de apontar uma direção e despertar o interesse em detectar mais detalhes que configurasse um caminho ou objetivo a ser perseguido. O ponto chave para a escolha do método de levantamento foi a pouca importância por parte dos autores, Lelis Espartel, José Aníbal Comastri e Rômulo Soares Fonseca, mestres e instituições, Reinaldo Godoy – Escola Superior de Agricultura, Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo, sobre o assunto, citando apenas a condição de fechamento angular, sendo que os outros métodos foram descritos completos, tanto no procedimento de campo como o de escritório.

Quanto aos métodos auxiliares citados para o levantamento dos detalhes, particularmente não se utilizou o das ordenadas, pela inconveniência de sua aplicação na prática, principalmente em áreas cercadas por taipas, sanga, pequenos rios situados em várzeas e estradas de rodagens secundárias, pois este método

implica em muitas mudanças de instrumento para se obter uma boa precisão. Mesmo assim as mudanças bruscas de direções do perímetro não são amarradas com precisão, tendo em vista que uma visada perpendicular em relação ao alinhamento da poligonal de base dificilmente coincidirá com o vértice do perímetro. Este pode ser utilizado para amarrar pequenas ondulações e grandes curvas, mas não parece ser adequado.

O método de intersecção é um método preciso, porém de aplicação restrita devido a demanda de tempo que gasta para aplicá-lo. É um método de grande valia para o levantamento de pontas inacessíveis, pontos em que o auxiliar deva correr risco de acidente, e locação de pontos muito distantes que supera o alcance do aparelho, porém neste caso o ponto visado tem que ser bem centralizado para ter precisão.

Grande foi a surpresa ao deparar com livros, apostilas e até mestres, Lelis Espartel, Reinaldo Godoy, Rômulo Soares Fonseca e Edson Francisco Brusnfeld utilizando e citando o método de caminhamento por “deflexões como sendo o mais comum. Comparando com os demais métodos, tanto nas operações de campo quanto nos serviços de escritório chegou-se a conclusão que tem uma certa desvantagem em relação aos demais. No procedimento de campo, o aparelho é zerado no norte magnético ou em um alinhamento qualquer, dá-se um giro de 180° na luneta com os limbos travados, depois libera os ângulos para ler (medir) o ângulo a partir da visada ré até o ponto visado e calcula-se a diferença entre este valor e 180° . Para ângulos menores que 180° a deflexão é a esquerda e para ângulos maior que 180° a deflexão é a direita.

Outro ponto a considerar neste caso é que os instrumentos topográficos medem diretamente uma abertura angular (um ângulo) e não uma diferença angular, como é o caso das deflexões.

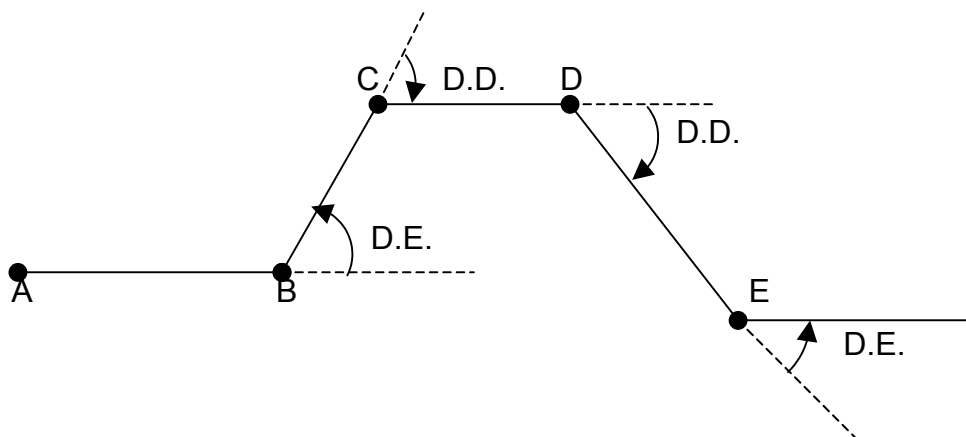


Figura 5 – Método de levantamento por deflexão

A figura 5 representa graficamente um levantamento topográfico executado pelo método de deflexões. Neste caso registrando ângulos de deflexões a direita (D.D.) e ângulos de deflexão a esquerda (D.E.). Editamos a figura 3 para justificar que no procedimento de campo este método não é o mais racional, apesar de autores como Lelis Espartel, Romulo Fonseca, Prof. Dílson Brüske – UDESC – Joinville, Reinaldo Godoy – USP e José Aníbal Comastri, enfatizaram mais este método. No campo instala-se o aparelho na estação B, zera na estação A com os ângulos travados, libera os ângulos e gira o aparelho para a direita até centralizar a estação C. A deflexão é na verdade a diferença entre 180° e o ângulo lido na estação C. Como os instrumentos (teodolitos) medem abertura angular e não diferença angular, isso causa um desconforto para o operador, aumenta o tempo de execução e aumenta o risco de cometer erros.

Para determinar em ângulo de deflexão no campo. O operador tem que instalar o aparelho na estação B, zera na estação A com os ângulos travados, girar o aparelho 180° ainda com os ângulos travados através de giro vertical, aí libera os ângulos e gira até a estação C, registrando assim o ângulo de deflexão, que pode ser à direita ou a esquerda. Outra maneira seria medir o ângulo inteiro e descontar 180° , sendo que nos demais métodos é sempre medido o ângulo inteiro.

CAPÍTULO III

3. DETALHAMENTO PRÁTICO PARA A ORGANIZAÇÃO DE UMA PLANILHA, NO CASO DE UM LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO PLANIMÉTRICO POR CAMINHAMENTO PELO PROCESSO DOS ÂNGULOS EXTERNOS. TAMBÉM CONHECIDO COMO ÂNGULOS HORÁRIOS OU A DIREITA

3.1 Procedimento de Campo

A seguir vamos apresentar a definição dos vértices das estações do instrumento da poligonal de base, que neste caso é igual à poligonal verdadeira, pois não vamos nos referenciar aos pontos de amarrações, ou seja, detalhes não pertencentes a poligonal de base.

Assim, o estaqueamento dos alinhamentos, ou determinação das vértices, depende das características do terreno e condições de visibilidade entre a estação atual e a estação seguinte e entre as estações e os pontos de detalhes que serão amarrados à estas estações, de maneira que permita visadas precisas em todos os casos, não sendo aconselhável visadas superiores a 350 m, no caso de aparelho sem leituras eletrônicas, para garantir a precisão.

Figura 6 – Procedimento de campo

A figura 6 caracteriza a representação gráfica do método de levantamento topográfico aplicando no campo, para fazer a coleta de dados necessárias, para que no escritório se faça a avaliação superficial e a representação gráfica do terreno, conservando as mesmas grandezas reduzidas em escala. Este desenho representa o método de levantamento topográfico planimétrico por caminhamento pelo processo

dos ângulos externos, utilizando como auxiliar deste método, o processo de levantamento por irradiação.

O qual da origem a poligonal de base, caminho percorrido pelo operador representado pela cor vermelha. Também é utilizado como auxiliar deste método o processo de levantamento por irradiação, representada pela cor verde. A irradiação é aplicada em cada vértice (estação) da poligonal de base com a finalidade de amarrar os detalhes internos e dos vértices das linhas de divisas. A ligação desses vértices da a origem a poligonal verdadeira ou perímetro do terreno, caminho percorrido pelo auxiliar devante.

3.2 Relação das Etapas Referente ao Serviço de Escritório

A seguir vamos citar todas as etapas dos serviços de escritório passo a passo.

3.2.1 Cálculo do Fechamento Angular

A soma dos ângulos externos é verificado através da seguinte formula:

$$2) \sum \text{ANG.EXT.} = 180^\circ(n+2)$$

Sendo **n** o número de ângulos, que por sua vez é igual ao número de vértices da poligonal de base.

Observação:. Apesar deste ser o primeiro passo de escritório o mesmo deve ser aplicado no campo, pois se não fechar dentro da tolerância permitida, executa-se novamente o levantamento.

3.2.2 Cálculo do Erro Total Tolerável

O erro angular total tolerável é dado pela seguinte formula:

$$3) \sum = P\sqrt{n}$$

onde **n**, é o número de vértices, e **P** a menor aproximação angular do instrumento utilizado na execução do levantamento.

Observação: existem materiais elaborados (editados) por renomados mestres que atribuem os erros lineares e angulares às características do terreno, como e o caso de apostilas de topografia editados pelo (CEFET) Centro de Educação Federal Tecnológica do Paraná pelo Prof. Clementino Koczirki que atribui parâmetros para topografia de média precisão, sendo que quanto mais acidentado for o terreno maior será o erro tolerável, conforme quadro 1.

Tipo do Terreno	Erro Angular	Erro de Distância
Plano	1" n	1: 2.000
Ondulado	2' n	1: 1.000
Acidentado	3' n	1: 500

FONTE: Apostila de Topografia I – Clementino Koczicki (CEFET) p.9.

QUADRO 1 – Tolerância de erros Angulares e Lineares, segundo Koczicki (CEFET)

Concorda-se que as características do terreno podem contribuir para o erro porque quanto mais acidentado for o terreno, maior é o grau de dificuldade para fazer o levantamento de pontos do terreno. Mas o fator relevante é sem dúvida a precisão angular do instrumento, conforme atribuições feitas por Lelis Espartel. Também deve-se citar a importância de ter uma equipe capacitada, pois desta é que depende mais a precisão de um levantamento.

3.2.3 Distribuição do Erro Angular

A distribuição do erro é feita por aproximação ou igualmente em cada ângulo lido, no exemplo, levou-se em consideração o comprimento do lado e compensou-se de 5 em 5 segundos, conforme feita por Espartel, na planilha pelo método de ângulos internos. Como o erro angular é um desvio de alinhamento e todos os autores pesquisados como Espartel, Comastri, Fonseca e Borges defendem a condição de que as menores distâncias devem ser contempladas com o maior erro angular, da qual também se concorda, pois um erro angular distribuído numa distância pequena influenciará menos que o mesmo erro angular numa distância maior.

Tendo em vista estas considerações sugere-se uma distribuição do erro angular mais proporcional do que a apresentada no exemplo da planilha de Espartel. A proposta apresentada para fazer esta distribuição é bastante simples, pois sugere-se que a distribuição do erro angular seja operacionalizada utilizando um fator e não intervalos adotados pelo calculista determinados pelo bom serviço, como na planilha de cálculo analítico de Espartel. Neste caso basta dividir o erro angular total pelo perímetro da poligonal de base e multiplicar este valor pelo comprimento de cada lado da poligonal, desta forma encontra-se o erro proporcional para cada distância. Como já vimos que as menores distâncias devem ser contempladas com o maior erro angular, basta inverter o valor do erro encontrado para cada distância na hora de compensar os ângulos, ou seja, o erro encontrado para a maior distância. Compensa-se na menor distância, o erro encontrado para a penúltima maior distância compensará na penúltima menor distância e assim sucessivamente.

Veja, na tabela 1, a distribuição do erro angular sugerida, comparada com o exemplo da planilha de Espartel.

Segundo Espartel, a distribuição adotada foi a seguinte:

Para distâncias > 400m 05".

Para distâncias > 300 m 10".

Para distâncias > 200 m 15".

Para distâncias < 200 m 20".

Tabela 1 – Distribuição do erro angular

Distribuição segundo Espartel		Distribuição do erro angular sugerida	
Distância Medidas no campo (m)	Erro angular distribuído	Distância Medidas no campo (m)	Erro angular distribuído
446,80	05"	446,80	07"
305,90	10"	305,90	10"
303,80	10"	303,80	12"
192,75	20"	192,75	15"
351,10	10"	351,10	10"
219,20	15"	219,20	14"
439,20	05"	439,20	07"

Neste caso de Espartel, quando executar um levantamento em terrenos acidentados e com muitos obstáculos, corre-se o risco de todas as distâncias se enquadrarem dentro de um único intervalo. Parece ser mais adequado fazer a distribuição baseada num fator, tornando a distribuição mais proporcional.

Com base neste ponto de vista é que sugere-se a distribuição do erro angular sugerida. Fator de Distribuição do Erro Angular (F.D.E.A.), é determinado em função do erro angular cometido no levantamento e o perímetro deste levantamento, ou seja,

$$4) F.D.E.A. = \frac{\text{erro angular}}{\text{perímetro em (m)}}$$

Sugere-se que multiplique este fator pelas maiores distâncias e distribua nas menores, conforme "distribuição do erro angular sugerida".

3.2.4 Cálculo dos Azimutes

O primeiro azimuth é determinado astronomicamente no campo através da bússola. Os demais são calculados através da seguinte fórmula:

$$5) Az_n = (Az_{n-1} + Ang, Ext.) \pm 180.$$

O termo $+ 180^\circ$ quando $Azn - 1 + Ang.Ext < 180^\circ$

- 180° quando $Azn - 1 + Ang.Ext > 180^\circ$

Os azimutes são medidos de 0° a 360° , no sentido horário.

3.2.5 Cálculos dos Rumos

Os rumos são calculados através das seguintes relações:

1º quadrante $R = AZ$

2º quadrante $R = 180^\circ - AZ$

3º quadrante $R = Az - 180^\circ$

4º quadrante $R = 360^\circ - Az$

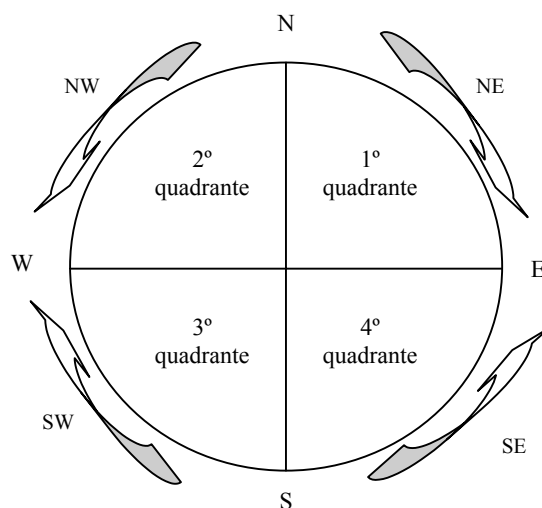


Figura 7 – Orientação dos alinhamentos de uma poligonal

Observação: no 1º quadrante o rumo tem orientação NE, no segundo quadrante SE, no 3º quadrante SW e no 4º quadrante NW.

3.2.6 Medidas das Distâncias

As distâncias ou comprimentos dos alinhamentos são medidas horizontalmente, de vértice a vértice, com aproximação de milímetros, também podem ser medidas segundo a inclinação do terreno e reduzido na horizontal pela seguinte formula

$$6) DH = M. G . \cos^2\alpha$$

para aparelhos mecânicos e digitais.

Onde: DH é a distância horizontal.

M é a diferença de leitura entre FS e FI

G é a constante de multiplicação do aparelho = 100

α é a ângulo de inclinação do terreno.

FS é o fio superior.

FI é o fio inferior.

No caso dos aparelhos eletrônicos (estação total) com leitura a raios infravermelho ou laser, as medias angulares e lineares são obtidas eletronicamente no campo.

3.2.7 Linha ou Funções Trigonômétricas dos Rumos

Os senos e cosenos desta planilha de Espartel foram obtidos através de calculadoras científicas, podendo também ser obtidos de tabelas trigonométricas. As colunas referentes aos senos e cosenos têm quase que função nula, pois é mais prático usar o ângulo do rumo, chamar as funções seno e cosseno na calculadora e já multiplicar pela distância obtendo assim as projeções calculadas, eliminando o desperdício de tempo para anotar os valores dos senos e cosenos na planilha.

3.2.8 Cálculo das Projeções ou Coordenadas Parciais

As projeções diretas ou naturais dos alinhamentos sobre os eixos dos X e dos Y são obtidas através do produto dos senos e cosenos dos ângulos rumos pela extensão (comprimentos) dos lados, ou seja,

$$7) X = d \times \sin.R \text{ e } Y = d \times \cos.R;$$

Convencionalmente, as projeções à direita do eixo Y, ou seja, quando os alinhamentos se orientam para o leste (E), são positivas e negativas para o oeste (W); as projeções acima do eixo X ou quando os alinhamentos se orientam para o norte (N) são positivas e negativas para o sul (S).

O erro cometido na medidas das distâncias só será detectado após o cálculo das coordenadas parciais, por isso é que deve-se ter o máximo de cuidado na determinação destes dados no campo, pois se o erro for maior que o parâmetro tolerável, o serviço será invalidado, onerando o custo do projeto final.

Por isso reforça-se a idéia de que os melhores profissionais de um departamento ou empresa atuante nessa área é que deveriam compor a equipe de campo, de preferência que o operador seja devidamente habilitado, pois desta equipe depende a precisão dos dados que dá origem ao projeto topográfico, o qual servirá de base e fonte de dados para o desenvolvimento de outros projetos.

Parece uma idéia redundante e sem importância, mas hoje ainda é grande a quantidade de plantas topográficas que não correspondem a área real do terreno escriturada.

Com certeza se juntássemos lado a lado, todas as plantas topográficas urbanas e rurais, considerando-se também os rios, lagos e vias de transporte, referentes a um município, este conjunto será diferente da planta do município, e assim certamente parte do perímetro de um município se sobre põe ao perímetro do outro. O mesmo ocorrerá se compararmos a planta dos municípios com a dos estados e a planta dos estados com o mapa do país.

Se as medidas dos alinhamentos no campo fossem exatas, a soma das projeções positivas de X (E) seria igual a soma das projeções negativas (W) e a soma das projeções positivas de Y (N) seria também igual a soma das projeções negativas (S), desta forma o $\sum(\pm X) = 0$ e para Y também $\sum(\pm Y) = 0$.

Mas na prática sempre vai ocorrer erro, por menor que seja, e então o

$$8) \sum(\pm X) = \Delta X \text{ e } \sum \pm Y = \Delta Y,$$

sendo que o erro de fechamento do perímetro é dado

$$9) EP^2 = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$$

Em levantamentos topográficos regulares, segundo Espartel e Comastri, o erro tolerável é de 0,20 a 1 m por km, conforme o tipo de aparelho usado no levantamento, bem como o relevo e características do terreno.

O erro cometido por km é dado por

$$10) EK = \frac{EP}{\sum D}$$

cujo valor deve ser inferior aos parâmetros permitido.

O erro total tolerável é

$$11) ET = EK \cdot \sqrt{\sum D} \text{ em km.}$$

Onde: EP = Erro cometido no perímetro da poligonal de base

ΔX = Erro cometido nas projeções X

ΔY = Erro cometido nas projeções Y

EK = Erro cometido por km

$\sum D$ = Soma das distâncias = perímetro

ET = Erro linear tolerável

3.2.9 Distribuição do Erro Linear

Segundo Espartel, Comastri e Fonseca, o erro deve ser distribuído proporcionalmente em função do comprimento dos lados (distâncias), obedecendo a seguinte regra:

$$12) CX = D \cdot \frac{\Delta X}{\sum D} \quad \text{e} \quad CY = D \cdot \frac{\Delta Y}{\sum D}$$

sendo que CX e CY são correções a considerar nas projeções X e Y, de acordo com o comprimento dos lado da poligonal. ΔX e ΔY resulta da soma algébrica das projeções calculadas, já ΣD resulta da soma das distancias medidas no campo.

Existem outras sugestões para fazer a distribuição do erro, também de forma proporcional, como a do engenheiro Djacir Ramos que emprega a fórmula.

$$13) CX = \frac{\Delta X}{\Sigma X} \cdot PX \quad \text{e} \quad CY = \frac{\Delta Y}{\Sigma Y} \cdot PY$$

Onde: CX = Correção

ΔX = Erro cometido nas projeções X

ΣX = Soma das projeções positivas e negativas de X

PX = Comprimento de cada projeção X

CY = Correção Y

ΔY = Erro cometido nas projeções Y

ΣY = Soma das projeções positivas e negativas de Y

PY = Comprimento de cada projeção Y

Utilizou-se o sistema de correção determinado por Lelis Espartel, por entender que este é mais preciso que o sistema de correção de Djacir Ramos, embora Espartel também tenha se referida a esse sistema utilizado por Ramos. O sistema de Espartel se torna mais preciso porque ele utiliza as distâncias (lados da poligonal e Ramos utiliza as projeções x e y das distâncias (lados da poligonal).

Como as projeções em geral sofrem arredondamento no 3º dígito após a virgula (casa de mm), e esse arredondamento vai se propagando ao longo da planilha de cálculo analítico em função de adições e multiplicações, causa uma diferença na área total do terreno, porém esta diferença não extrapola os parâmetros

permitidos. Portanto quaisquer uns dos sistemas citados podem ser utilizados para serviços topográficos de média precisão.

3.2.10 Projeções Compensadas

Segundo Espartel (1979, p.227), as projeções compensadas são obtidas, subtraindo sempre das projeções naturais às respectivas correções, levando porém em conta na subtração referida os sinais das projeções e das correções. Há também, outros critérios para obter as projeções compensadas (impropriamente chamadas de projeções corrigidas), tais como o de aumentar proporcionalmente às próprias projeções (X e Y) num sentido e diminuir no outro, ou vice-versa; sem levar em conta as dificuldades das medidas. Já Ramos (1982, p.47), sugere que as projeções compensadas sejam obtidas somando sempre as projeções naturais às respectivas correções, levando porém em conta na adição os sinais das projeções e das correções. Também utilizou-se o sistema de Espartel, tendo em vista questões já citadas à cima em função das correções.

3.2.11 Coordenadas

As abscissas e as ordenadas de cada vértice são obtidas pela soma algébrica sucessiva das projeções compensadas. Assim as coordenadas do primeiro vértice coincidem, salvo caso de ligação com outro levantamento, com a origem dos eixos das coordenadas, isto é, $X_0 = 0$ e $Y_0 = 0$.

As coordenadas do segundo vértice são iguais às projeções compensada do primeiro alinhamento, isto é, $X_1 = X_1$ e $Y_1 = Y_1$. As coordenadas do terceiro, quarto, [...] vértice são iguais às do vértice anterior, somadas algebricamente às projeções do segundo, terceiro, [...] alinhamento. Assim $X_n = x_{n-1} + X_n$ e $Y_n = Y_{n-1} + Y_n$.

As coordenadas do último vértice devem ser iguais e de sinais contrários às projeções compensadas do último lado (alinhamento), o que verifica a exatidão dos cálculos e das coordenadas iniciais ($X_0 = Y_0 = 0$).

3.2.12 Somatório (soma das Abscissas e ordenadas)

Como diz Espartel em sua planilha de cálculo analítico, a área interior limitada por uma poligonal pode ser decomposta em triângulos e trapézios, referidos quer ao Eixo Y, quer ao Eixo X. A área dos mesmos é avaliada pelo produto das bases médias pelas alturas. As primeiras somas são iguais às segundas coordenadas (pois $X_0 = 0$ e $Y_0 = 0$); as segundas são iguais às somas das segundas e terceiras coordenadas e assim, a seguir. As últimas somas são iguais as últimas coordenadas.

3.2.13 Áreas Duplas

Segundo Espartel (1979, p.113) as fórmulas gerais das áreas a aplicar são as mesmas aplicadas por Espartel em sua planilha do cálculo analítico, que são:

$$14) S = \frac{1}{2} \cdot [(x_0 + x_1) \cdot y_1 + (x_1 + x_2) \cdot y_2 + (x_2 + x_3) \cdot y_3 + \dots + (x_n + y_0) \cdot y_n]$$

$$15) S = \frac{1}{2} [(y_0 + y_1) \cdot x_1 + (y_1 + y_2) \cdot x_2 + (y_2 + y_3) \cdot x_3 + \dots + (y_n + x_0) \cdot x_n]$$

Os valores entre parênteses são os dados pelas colunas das projeções compensadas e os multiplicadores são os das colunas somatório (soma das abscissas e ordenadas).

Todas as multiplicações são algébricas e as somas das colunas referentes as áreas duplas devem ser iguais em valor absoluto, porém de sinais contrários, o que constitui verificação dos cálculos.

A metade de uma das somas dá o valor da área da poligonal e pode ser aproximada até os decímetros quadrados.

Como verificação das somas algébricas das colunas referentes ao somatório, isto é, de $\sum X$ e $\sum Y$, deve-se encontrar valores duplos dos valores das coordenadas X e Y. As áreas calculadas (áreas duplas) são as limitadas pela poligonal de base, devendo-se ainda, na prática, considerar as áreas extra e intra-poligonal, avaliadas por outros processos, aritmético, geométrico, gráfico ou mecânico.

Veja na figura 8, o modelo de planilha de cálculo analítico utilizado pelo processo tradicional.

PLANILHA DE CÁLCULO ANALÍTICO														
ESTAÇÃO	PONTOS VISADOS	ELEMENTOS ANGULARES						LINHA TRIGONOMÉTRICA DOS RUMOS		DISTÂNCIAS (m)	PROJEÇÕES CALCULADAS			
		ÂNGULO EXTERNO			AZIMUTE CALCULADO	RUMO		SENOS	COSSENO		EIXO X		EIXO Y	
		LIDO	ΔE	COMPENSADO		ÂNGULO	QTE				E (+)	W (-)	N (+)	S (-)
1	2	269° 42' 45"			291° 23'					16,68				
2	3	271° 40' 25"								12,59				
3	4	248° 34'								17,44				
4	1	290° 02' 30"								18,46				
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="color: magenta;">SOMA DOS ÂNGULOS EXT. = $180(n+2)$</div> <div style="border: 1px solid yellow; padding: 2px; color: magenta;"> $X = D \times \text{SENDO DO RUMO}$ </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">OBSERVAÇÕES:</div> <div style="font-size: small; margin-top: 5px;"> 1º- A PLANILHA DE CÁLCULO ANALÍTICO REPRESENTA O MÉTODO TRADICIONAL ATRAVÉS DE CALCULADORAS CIENTÍFICAS, ONDE O DESENHO DA POLIGONAL É EXECUTADO ATRAVÉS DAS COORDENADAS X,Y COM O EMPREGO DE FRANCHETAS, RÉGUAS PARALELA, ESQUADROS E ESCALÍMETRO. 3º- OS VALORES EM VERMELHO REPRESENTAM OS DADOS DE CAMPO. </div> <div style="border: 1px solid yellow; padding: 2px; color: magenta; margin-top: 10px;"> $Y = D \times \text{COSSENO DO RUMO}$ </div>														

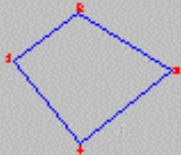
PLANILHA DE CÁLCULO ANALÍTICO (Continuação)											
CORREÇÕES		PROJEÇÕES COMP.		DISTÂNCIAS CORRIGIDAS	COORDENADAS TOTAIS		SOMATÓRIO		ÁREAS DUPLAS		CROQUI
CX.	CY.	EIXO X	EIXO Y		EIXO X	EIXO Y	EIXO X	EIXO Y	A	B	
											

Figura 8 – Planilha de cálculo analítico - método tradicional.

3.2.14 Planilha de Cálculo Analítico (Modelo Tradicional)

Esta planilha representa todas as etapas das operações de cálculos realizados no escritório, que resulta na determinação da área total do terreno e determinação das coordenadas totais para a confecção do projeto. É um processo moroso, exige um bom conhecimento matemático e de operação de calculadora científica, também oferece facilidades para que o calculista cometa erros, pois o número de cálculos é muito grande, e quando isso acontece a correção do erro também é morosa. Para exemplificar melhor vamos tomar como base uma poligonal fechada de 100 vértices (poligonal pequena para uma região acidentada). Cada vértice da poligonal e cada ponto visado no terreno corresponde uma linha da planilha. A planilha em geral é composta por “n” linhas e ± 23 colunas, isto significa que cada ponto visado no campo, resulta em ± 23 cálculos no escritório, então para uma poligonal de 100 vértices teríamos ± 2300 cálculos, isto sem considerar erros, comparações com parâmetros de normas, aplicação de prova real e aplicação de várias fórmulas e anotações dos dados.

Um profissional experiente gasta em média 20 segundos por cálculo, portanto gastaria 766,67 minutos = 12,78 horas, sem considerar intervalos para descanso. Também gastaria $\pm 2,5$ horas para fazer o projeto.

Só isso já reforça a relevância da informatização dos serviços topográficos através do *Autocad* e principalmente através da planilha eletrônica, pois com a utilização ao *Autocad* os cálculos são processados com $\pm 1,5$ minutos e o desenho com ± 30 minutos. Utilizando a planilha eletrônica gastaria ± 20 minutos para lançar os dados de campo e ± 10 segundos para processar todos os cálculos e o desenho da poligonal. Também não podemos esquecer que tanto o *Autocad* quanto a planilha eletrônica minimiza o risco de cometer erros.

CAPÍTULO IV

4. METODOLOGIA

Informatização de serviços topográficos para dados de campo coletados com teodolitos mecânicos através de duas propostas, sendo a proposta 1 através do *software Autocad* e a proposta 2 através do *software Excel*.

4.1 Proposta 1 – *Software Autocad*

Proposta para informatização de dados de campo coletados com teodolitos mecânicos, para confecção de plantas topográficas planimétricas e planialtimétricas, proveniente de qualquer método de levantamento, bem como resolução de cálculos de área e perímetro, distâncias, ângulos e coordenadas, explorando funções de algumas ferramentas do *Autocad* R-14 ou outra versão qualquer.

4.1.1 Apresentação do *Autocad*

O *Autocad* hoje já faz parte dos materiais didáticos utilizados nos cursos técnicos industriais e nas universidades, com o objetivo de auxiliar o trabalho desenvolvido pelos docentes e alunos.

A *Autocad* também faz parte das ferramentas utilizadas por empresas, escritórios e profissionais autônomos.

4.1.2 *Cad*

Cad é a abreviação de *Computer-Aided Design*, ou seja Desenho Auxiliado por Computador. Existem muitos programas de *Cad* no mercado hoje em dia.

Apesar dos inúmeros programas de desenho existentes, muitos deles se limitam apenas à parte gráfica ou a uma função específica, diminuindo a possibilidade do usuário de criar a sua própria rotina de trabalho. O mesmo não acontece com o *Autocad*, que possui todo um sistema voltado para o usuário.

4.1.3 Características do *Autocad*

O *Autocad* é um programa de desenho criado pela *Autodesk*, uma empresa americana sediada na Califórnia. Suas maiores qualidades e o motivo de sua grande popularidade devem-se aos seguintes fatores:

- Manipulação de vários elementos como se fossem uma unidade.
- Criação de bibliotecas definidas pelo usuário.
- Atribuição de traço, espessura e cor aos elementos gráficos.
- Comunicação interativa com o usuário através de menus personalizados.
- Associação de bancos de dados aos elementos gráficos, linguagem de programação interna voltada a objetos e comandos.
- Uma grande quantidade de aplicativos adicionais.
- Acesso fácil ao treinamento.
- Publicações especializadas, inclusive em Português.

4.1.3.1 Comunicação do Usuário com o Programa

O *Autocad* é um dos *software* que mais viabiliza a comunicação do usuário com o computador. É como se o programa, assim que fosse acionado, começasse a “conversar” com o usuário à espera de suas ordens. Se usado com atenção, o programa vai obedecer a todos os comandos sem apresentar problemas, qualidade esta que o usuário espera encontrar em qualquer *software* profissional.

No *Autocad* o usuário acessa os comandos de quatro maneiras distintas.

4.3.2 Barras de Ícones



Figura 9 – Barras de ícones.

O *Autocad* inovou nestas últimas edições para o ambiente Windows, porém, os ícones não são aplicáveis no *Autocad* para DOS. Para cada barra de ícones há um nome associado aos comandos contidos nela.

4.3.3 Menu Lateral ou de Tela

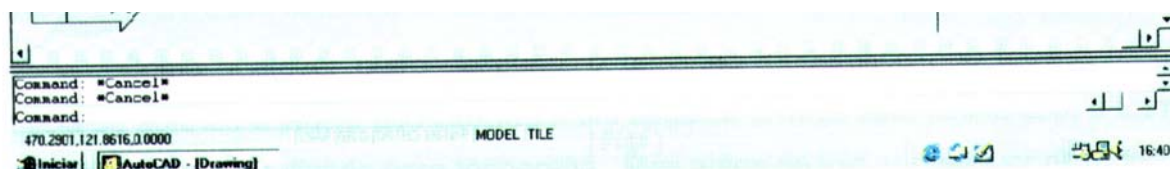


Figura 10 – Menu lateral ou de tela

Está à direita da área de desenho. Funciona como um livro que vai abrindo suas páginas sob a forma de comandos, partindo de uma raiz com os comandos dividindo-se em várias ramificações. Foram os primeiros menus do *Autocad*.

4.3.4 Menus Suspensos ou de Comandos

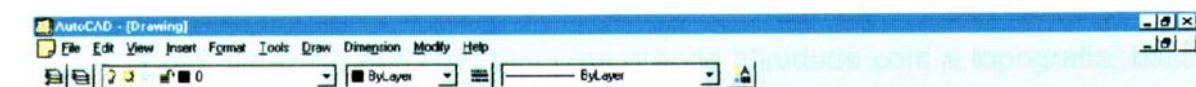


Figura 11 – Menu suspensos ou de comandos.

Estão localizados no alto da tela e proporcionam acesso rápido aos comandos mais usados. Gera menus em cascata sempre que aparece uma reta ao lado dos comandos, e quadros de diálogo, quando aparecem três pontinhos após um comando. Os menus suspensos também podem ser acessados segurando a tecla <alt> e digitando a letra sublinhada do menu ao mesmo tempo.

4.3.5 Linha ou *Prompt* de Comandos



Figura 12 – Linha ou *prompt* de comandos

Esta linha é a chave da comunicação do *Autocad*. Antes de tudo é através dela que o computador se comunica a maior parte do tempo com o usuário, mostrando as opções relacionadas ao comando corrente. Todos os comandos ao *Autocad*, podem ser acessados através dela, simplesmente escrevendo com o teclado. Apesar da comodidade gerada pelo mouse, muitos usuários acabam aderindo aos comandos escritos ou seja, o usuário utiliza o teclado como meio de comunicação com o *software* ao invés de utilizar o mouse, evitando assim a procura às vezes cansativa, de ícones e menus em cascata.

4.3.6 Vantagens de Personalizar uma Janela com Barras de Ferramentas Voltadas para Topografia

Se agruparmos em uma única palheta, todas as ferramentas flutuantes que possuem funções eficazes para aplicações em processo gráficos na elaboração de plantas topográficas, teríamos um ganho significativo de tempo no manuseio das ferramentas, pois as mesmas poderão ficar visíveis na tela, sem ocupar muito espaço na área de trabalho, desta forma o usuário não precisa ficar procurando ferramentas em palhetas diversificadas e nem digitando comandos via teclado. Veja figura 13.

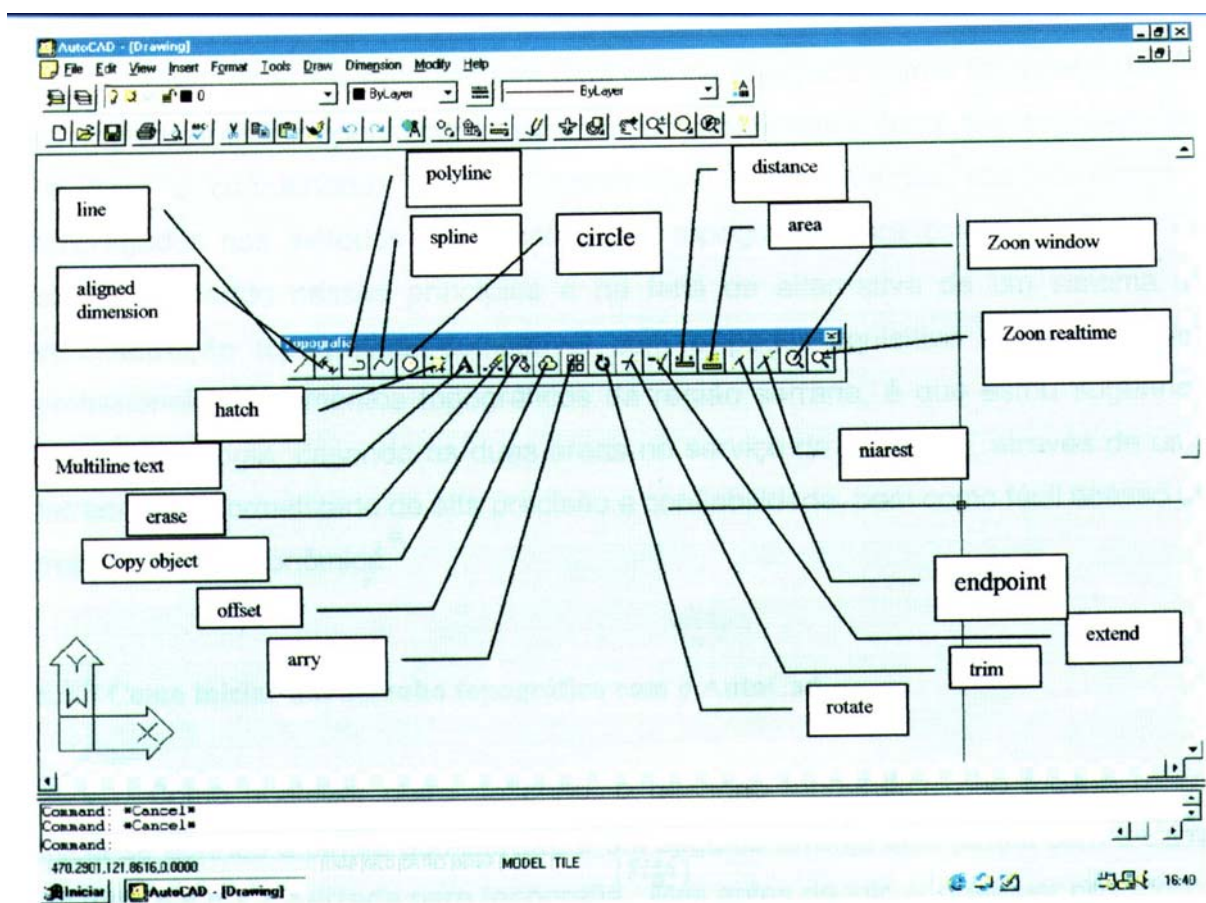


Figura 13 – Tela do *Autocad* personalizada para topografia

4.3.7 Afinidade do *Autocad* com os Métodos de Levantamentos Topográficos

Com certeza o *Autocad* tem uma grande afinidade com a topografia, basta citar que o *Autocad* opera com os sistemas de coordenadas absolutas, coordenadas relativas e coordenadas polares, sendo que estes sistemas são os mesmos empregados nos métodos de levantamento topográfico para coleta de dados no campo. Baseado nesses princípios e na falta de alternativa de um sistema de informatização topográfica, compatível com o poder aquisitivo da maioria dos profissionais e segmentos topográficos da região serrana, é que estou sugerindo uma metodologia, casando as duas áreas no serviço de escritório, através de uma

ferramenta informatizada de alta precisão e confiabilidade, bem como fácil acesso ao treinamento e econômica.

4.3.8 Como Iniciar um Desenho Topográfico com o *Autocad*

Como qualquer outro desenho, o desenho topográfico não foge a regra, inicia-se abrindo a janela do *Autocad* e em seguida arranja esta janela com a barra de ferramentas idealizada para topografia (Figura 13). Mas antes de iniciar qualquer desenho é necessário estabelecer alguns critérios e definições referente ao desenho, como: estilo de linhas, cores, estilo de texto, formato das cotas, escala do desenho, tamanho do texto, geometria da linha de cotas, unidades de medidas lineares e angulares, bem como o grau de precisão das medidas, estabelecendo o número de dígitos após a vírgula. No caso de desenhos topográficos é aconselhável ocultar as linhas de cotas, pois nos desenhos topográficos não costuma-se indicar linhas de cotas para indicar comprimentos. Quanto ao grau de rotação dos textos e desenhos deve-se deixar na rotação 0°, tendo em vista que em topografia a rotação dos desenhos topográficos são individuais, tendo em vista que cada alinhamento tem uma orientação diferente. Portanto a rotação deve ser ajustada conforme o lançamento de cada alinhamento através do ângulo horizontal lido no campo.

4.3.9 Iniciando o Desenho Propriamente Dito

Como no campo o levantamento inicia-se tendo como referência o norte magnético ou o norte verdadeiro, portanto o primeiro passo no campo é fazer sua determinação, para iniciar a medida dos azimutes, tendo como vértice a estação inicial (A) da poligonal de base. Ou seja, o norte magnético é determinado no campo através de bússola, referindo-se ao meridiano magnético do planeta terra e é uma determinação rápida. Já o norte verdadeiro é determinado na campo pelo chamado processo de alturas correspondentes do sol. Chama-se de altura correspondente, ao ângulo sob o qual o astro é visto, antes e depois de sua passagem pelo meridiano do lugar (meio dia), é uma determinação demorada e exige um dia ensolarado (sem nuvens). Então a partir deste alinhamento imaginário que liga a estação (A) ao norte, tendo como orientação a direção apontada pela bússola, mede-se os azimutes e as

distâncias de cada ponto visado. Na área de trabalho do computador basta traçar uma linha em qualquer direção, tendo como extremidade a estação A, que pode ser o ponto de coordenadas ($X = 0$ e $y = 0$) do *Autocad* ou por um ponto qualquer fixado na área de trabalho, que também será chamado de A.

4.3.10 Aplicação da Metodologia Cad para Topografia

É exatamente a partir deste ponto que se inicia a aplicação das funções de relevância topográfica, que estão de certa forma ocultas em algumas ferramentas do programa, considerando que a versão consultada foi a de George Omura, Dominando o *Autocad* 13 para Windows. A aplicação também é válida para versões mais atualizadas, como *Autocad* 14, 2000, 2001 e 2002.

4.3.11 Procedimento Inicial

Como é conhecido por todos os profissionais de topografia, os dados de campo (ângulos e distâncias) são providos de erros e esses erros devem ser distribuídos obedecendo critérios e parâmetros, desde que os mesmos estejam dentro dos parâmetros estabelecidos pelas normas que regem os serviços topográficos. Para facilitar a distribuição e a compensação destes erros graficamente, devemos primeiro desenhar a poligonal de base, através dela detecta-se o erro de fechamento, o qual deve ser comparado com o erro permissível. Se o erro cometido for maior que o permissível, deve-se repetir o serviço de campo.

4.3.12 Como Lançar os Dados de Campo

Para o traçado da poligonal de base usa-se as funções das seguintes ferramentas: *line*, *copy object*, *rotate*, *circle*, *trim*, *extend*, *erase*, *multiline text*, *aligned*, *dimension*, *array*, *área*, *área object*, *hatch*, *offset*, *polyline*, *spline*, *distance*, *nearest*, *zoom window*, *zoom realtime*.

Traça-se uma linha vertical na área de trabalho, uma das extremidades representa-se como estação “A” (inicial) e a outra extremidade considera-se como

sendo a ponta norte, que indica a direção do norte magnético, ou seja, esta linha representa o eixo norte e sul, correspondente no campo.

Com o auxílio da ferramenta *copy object* faz uma cópia deste alinhamento sobre ele mesmo, usa a ferramenta *rotate*, rotacionando este alinhamento cópia pela extremidade A com um giro no mesmo sentido que foi realizado o caminhamento no campo e o ângulo de rotação será o azimuth inicial (1) lido no campo. Feito isto, desenha-se um círculo com a ferramenta *circle* pela extremidade A com raio igual ao comprimento da distância \overline{AB} (estação B), se o alinhamento rotacionado for menor que o raio, prolonga-se o mesmo até a extremidade do círculo com auxílio da ferramenta *extend*, caso contrário corta com a ferramenta *trim*, determinando assim o vértice 2 ou estação B. Novamente repete-se as operações anteriores pela extremidade B do alinhamento \overline{AB} , sendo que a partir de B o ângulo de rotação será o ângulo horizontal lido no campo, e assim sucessivamente até lançar o último alinhamento da poligonal. É evidente que a extremidade do alinhamento de chegada não coincidir com o ponto de partida (estação A), pois como já citamos anteriormente, os dados de campo são providos de erros.

4.3.13 Determinação Gráfica do Erro de Fechamento

Esta é uma tarefa muito fácil, como o *Autocad* dispõe de ferramentas de medições de alta precisão, basta utilizarmos a ferramenta *aligned dimension* para obter o erro de fechamento. Para isso é só dar um clique com o mouse na ferramenta e depois um clique com o mouse na extremidade de chegada e um no ponto de partida, a cota indicada pela ferramenta é o erro de fechamento linear. Se este valor for maior que o erro permissível, o levantamento de campo deve ser executado novamente.

Quanto ao erro de fechamento angular não vale a pena tecer comentário, pois o mesmo já deve ser verificado no campo, logo após o término do levantamento, pois se o erro cometido for maior que o permissível, a equipe de campo já deve providenciar novo levantamento, evitando assim maiores transtornos, como perda de tempo e aumento de custos. Se o erro de fechamento angular estiver

dentro dos parâmetros permitidos, ele será distribuído automaticamente em função do erro linear.

4.3.14 Distribuição Gráfica Proporcional do Erro Linear

Para fazer a distribuição do erro linear recorreu-se aos conceitos, métodos e critérios estabelecidos por Espartel¹ e Fonseca².

Fonseca (1979, p.47) cita o método de Larminat, que é mais racional que o erro proporcional, visto que trata separadamente os erros devidos às distâncias e aos ângulos, contudo, sua construção é trabalhosa e nem sempre justificada a sua aplicação, uma vez que, na prática, o método anterior (proporcional) satisfaz a maioria dos casos. Este método de Larminat é também compatível com a metodologia Cad, apenas exige um pouco mais de conhecimento de métodos de desenho do usuário.

¹ ESPARTEL, L. **Curso de Topografia**. 1.ed. Porto Alegre: Globo, 1973.

² FONSECA, R. S. **Elementos de desenho topográfico**. São Paulo: Mcgraw-Hill, 1979.

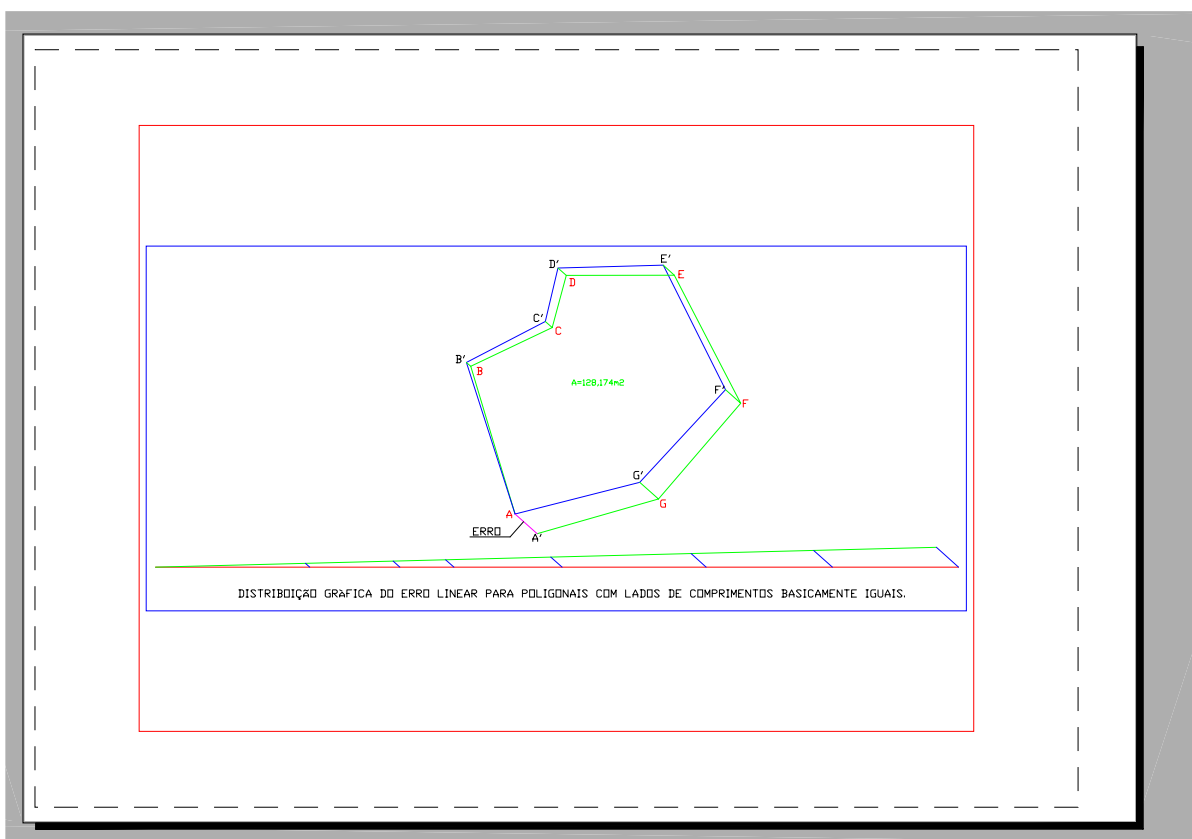


Figura 14 - Exemplo do método de distribuição proporcional

Método desenvolvido por Rômulo Soares Fonseca para fazer a distribuição proporcional dos erros linear e angular para poligonais com lados de comprimento basicamente iguais.

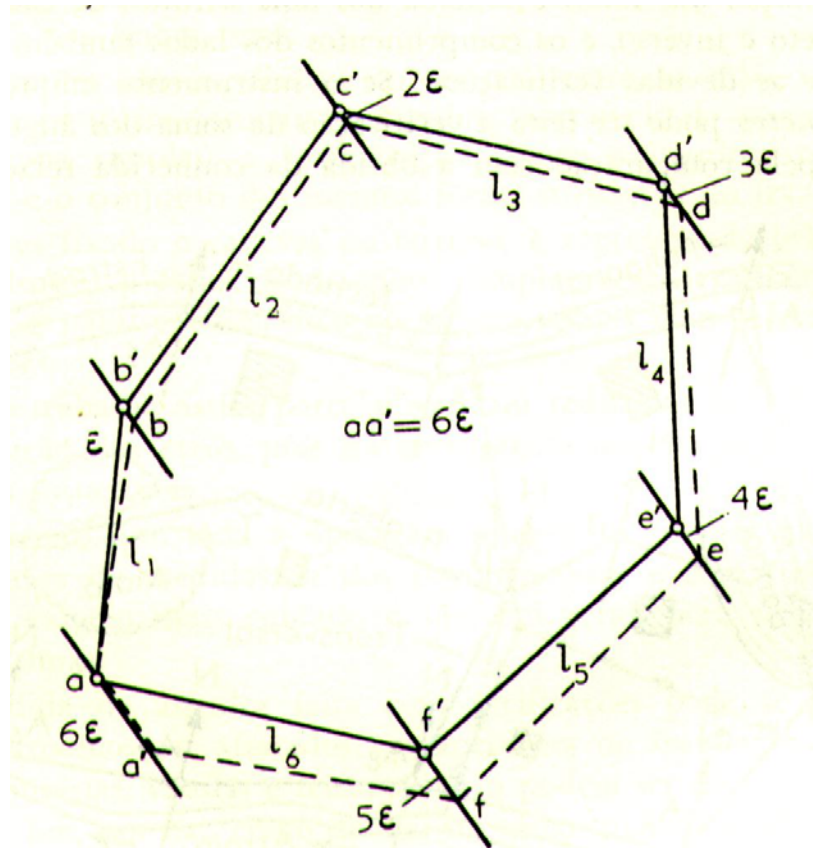


Figura 15 – Compensação gráfica de uma poligonal fechada

Método desenvolvido por Lélis Espartel para fazer a distribuição proporcional dos erros linear e angular. Porém ele cita que este método é preciso para poligonais com lados de comprimento aproximadamente iguais.

Observação: os dois métodos são aplicáveis através do *Autocad* com rapidez e precisão.

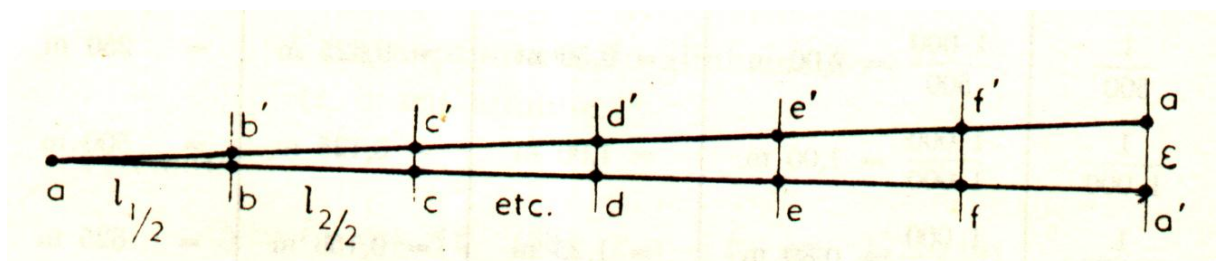


Figura 16 – Distâncias reduzidas (1/2)

4.3.15 Como Distribuir o Erro Proporcional

Traça-se uma linha reta na área de trabalho, com comprimento igual ao perímetro da poligonal, pela extremidade final, desloca uma cópia do erro de fechamento linear utilizando as ferramentas *copy object* e *move*, pois este erro está representado em grandeza, direção e sentido pela linha X que liga o ponto de chegada com o ponto de partida.

Este erro proporcional é deslocado a cada distância ou alinhamento para o vértice correspondente da poligonal anterior mantendo a mesma direção. A inclinação do alinhamento X poderá ser para a direita ou para a esquerda, pois o erro linear poderá ser para mais ou para menos.

Este processo divide o erro linear de forma proporcional, e erro angular em partes iguais, o que é mais aconselhável para poligonais que tenham os lados com comprimentos mais ou menos iguais, o que é difícil acontecer na prática.

Para atender os critérios de distribuição do erro angular citado pelos autores: Espartel (1973, Planilha do Cálculo Analítico (Avulsa), e Fonseca (1979, p.49), basta fazer a distribuição do erro angular analiticamente, usando a calculadora do computador, calculadora científica ou a linha de comando do *Autocad*, ou ainda é tão simples que pode fazer manualmente, e então, quando for traçar a poligonal.

4.3.16 Lançamento dos alinhamentos irradiados.

Após desenhada a poligonal de base definitiva, procede-se o lançamento dos alinhamentos irradiados dos detalhes ou dos pontos pertencentes à poligonal verdadeira (divisas do terreno), referente a cada estação. Em cada estação são amarradas N pontos. Nesta fase é que o *Autocad* apresenta uma das maiores afinidades topográficas através da sua ferramenta *array*, que possibilita a criação de cópias múltiplas. Porém um exemplo não citado por George Omura é bastante relevante para topografia.

George Omura em seu livro dominando o *Autocad* para *Windows*, cita vários exemplos de cópias múltiplas feitas utilizando a ferramenta *ARRAY*. Estas cópias

múltiplas são feitas a partir de um desenho matriz, podendo ser do tipo polar rotacionada ou não rotacionada ou ainda do tipo retangular rotacionada ou não rotacionada. Porém a ferramenta array está condicionada a determinados critérios do tipo ângulos e distâncias iguais entre cópias, exemplos esses bastante citados por George Omura para as áreas de arquitetura, engenharia civil e engenharia mecânica.

Baseado no princípio de funcionamento desta ferramenta (ARRAY), buscamos identificar alguns exemplo de forma para utilizar nos projetos topográficos, tendo em vista que o procedimento de campo é na verdade a aplicação de um sistema de coordenadas polares que é também um dos sistemas de operação do *Autocad* e da ferramenta array. A dificuldade encontrada é que George Omura não cita uma forma para lançar alinhamentos combinando funções de duas ou mais ferramentas, como array, *rotate*, *circle*, *trim* e *extend*. Mas o exemplo de cópias múltiplas não citado por George Omura, e que talvez não fizesse sentido para ele, embora tenha relevância para o desenho topográfico, é a utilização da ferramenta array para fazer n cópias múltiplas de um alinhamento (linha) sobre ele mesmo, ou seja, cópias múltiplas em camada.

Após criadas as cópias múltiplas basta rotacionar cada cópia para a posição determinada pelo ângulo horizontal correspondente a cada alinhamento medido no campo com o auxílio da ferramenta *rotate*, após rotacionado os alinhamentos, usa-se a ferramenta *circle* como meio para limitar o comprimento dos alinhamentos, com centro na estação e raio igual o comprimento medido no campo, traça-se um círculo, se o alinhamento cópia for maior que o raio do círculo, corta a parte excedente com o auxílio da ferramenta *trim*, caso contrário estende com auxílio da ferramenta *extend*.

4.3.17 Traçado da Poligonal Verdadeira

A poligonal verdadeira é o resultado da ligação de todos os pontos pertencentes ao perímetro do terreno levantado, que por sua vez são os vértices da poligonal verdadeira.

4.3.18 Cálculo da Área Total

A área pode ser calculada de duas formas, dependendo do tipo de linha usada para o traçado do perímetro. Se a ligação entre os vértices for através de linha (comando *line*), basta digitar a palavra área na linha de comando e dar um *enter* e em seguida dar um clique com auxílio do mouse em cada vértice no sentido horário ou anti-horário até repetir o clique no ponto de partida, feito isso dar um *enter* e o valor da área e do perímetro será apresentado na área de comando. Se não quiser digitar a palavra pode usar a ferramenta área, não usa *enter* antes de clicar com o mouse nos vértices.

Outra forma para determinar a área é fazer o traçado do perímetro (ligação dos vértices) usando a *poliline*, e então com o auxílio do mouse dá um clique na ferramenta área e digita (ob) de objeto seguido de *enter* e dá um clique sobre a linha do perímetro e a área e o perímetro será apresentado sobre a linha de comando.

4.3.19 Acabamentos da Planta Topográfica

Fase em que se processa a editoração de dados referente ao projeto (planta), como: lançamento de distâncias, cotas de ângulos, indicação dos pontos cardiais (destacando-se o eixo norte sul), edição de legendas, aplicação de achurias, definição de cores e posição do desenho dentro do formato.

4.3.20 Levantamentos Planialtimétricos

Quanto a utilização da metodologia 1 em levantamentos planialtimétricos, podemos dizer que é a continuação de uma planta topográfica planimétrica, pois o que acrescenta é o traçado de perfis e a representação do relevo através de curvas de níveis. Para traçar as curvas de níveis na planta, deve-se determinar no campo todas as diferenças de níveis dos pontos de relevância do terreno (elevação e depressão) para que através desses possa se obter as curvas de níveis inteiras no escritório, seja através de interpolação, ou por método gráfico. No caso da metodologia citada, o *Autocad* favorece novamente a topografia com sua afinidade

no traçado de perfil e obtenção das distâncias entre estas cotas, facilitando da mesma forma no lançamento dos pontos de cotas inteira sobre a planta, bem como o traçado das curvas de níveis.

4.3.21 Vantagens do Uso desta Metodologia

- Gerar arquivos eletrônicos para facilitar o armazenamento.
- Agilizar alterações e desenvolvimento de novos projetos a partir de arquivos existentes.
- Obter cópias com os mesmos padrões da planta original.
- Obter dados que não estejam visíveis na planta, de forma rápida.
- Oferecer as demais áreas afins: engenharia civil, elétrica, arquitetura e agronomia, plantas já no padrão *Autocad*.
- Oferecer plantas com alta precisão e paisagismo colorido.
- Com certeza a principal vantagem é a condição de realizar (confeccionar) qualquer planta topográfica sem a necessidade de calcular planilhas separadamente, porém pode-se contar com ferramentas e meios para resolução de cálculos e obtenção de dados referente à planta.

CAPÍTULO V

5. PROPOSTA 2 - PLANILHA ELETRÔNICA

Uma planilha eletrônica é um programa de computador altamente interativo que consiste numa coleção de linhas e colunas que são expostas na tela numa janela. A interseção de cada linha e coluna é chamada de célula, e uma célula pode conter um número, um caractere de texto, ou uma fórmula que execute um cálculo usando uma ou mais células. É fácil copiar, mover e modificar células e qualquer fórmula criada.

Uma planilha pode ser salva num arquivo para uso posterior ou descartada depois que já serviu à proposta pretendida. Uma planilha ou um grupo de células selecionadas pode ser formatada de diversas maneiras ou impressa para referência. Além disso, grupos de células numéricas podem ser usadas para generalizar diagramas.

A mais significativa vantagem de uma planilha eletrônica é que as fórmulas recalculam seus resultados se for mudada qualquer uma das células que elas usam, como resultado. A partir do momento que se organiza a planilha para definir fórmulas, pode-se usar este “modelo” para explicar diferentes possibilidades com pouco esforço adicional.

5.1 *Excel*

O *Excel* é um programa de planilha. Assim como os outros produtos neste gênero, é usado para aplicações numéricas que são apropriados para análises orientadas em linhas e colunas, como orçamento, modelos financeiros e muitas outras aplicações. Nele podemos desenvolver fórmulas dinâmicas que trabalhem com células na planilha e ainda usar um grande agrupamento ou funções embutidas que adicionam poder computacional avançado.

O *Excel* é também um programa gráfico, sua capacidade gráfica figura entre os melhores disponíveis em qualquer programa de planilha, exceto pelas mais exigentes aplicações (A Informática Executiva *Excel* 5.0, p.45).

5.2 Proposta 2 – Planilha Eletrônica

Proposta para informatização de dados de campo coletados com teodolito mecânico, utilizando uma planilha eletrônica elaborada especialmente para fazer o processamento automático de todos os cálculos e confecção da planta topográfica de levantamentos executados pelo método de caminhamento pelo processo dos ângulos externos, gerando ao mesmo tempo em banco de dados passo a passo para ser consultado sempre que necessário. Planilha esta elaborada com base no *software Excel*, podendo também ser elaborado por outras linguagens de programação.

Observações

1. Esta planilha eletrônica (Proposta 2) foi elaborada com o auxílio do *software Excel*.
2. Esta planilha (Proposta 2) foi elaborada com duas finalidades:
 - a) resolver cálculos e desenhos de poligonais de base, ou seja, sem pontos de amarrações.

- b) para a elaboração de uma planilha mais complexa, capaz de processar cálculos de qualquer método de levantamento, bem como fazer as respectivas plantas das poligonais verdadeiras.
- 3. A referida planilha mais complexa pode ser criada utilizando os mesmo procedimentos empregados no protótipo, porém requer uma demanda grande de tempo e conhecimentos mais aprofundados do *Excel*, haja visto algumas limitações encontradas na elaboração do protótipo. Com base no protótipo, pretende-se desenvolver um trabalho mais aprimorado, mediante a utilização do Visual Basic e *Delphi* ou outras linguagens de programação, tentando também integrar estes ao *Autocad*.
- 4. Antes de se disponibilizar esta planilha eletrônica mais complexa para uso profissional, deve-se adicionar à mesma dois dispositivos de segurança quanto a precisão, instalando condições de parâmetros nas colunas dos ângulos lidos e das projeções calculadas (coordenadas parciais), com a finalidade de funcionar como chave, capaz de interromper o processamento ou travar o sistema (planilha eletrônica) quando os erros linear ou angular for maior que o valor permitido, para que a mesma sirva também como ferramenta fiscalizadora dos dados de campo, visando a qualidade dos serviços topográficos em todas as etapas, até a entrega do projeto final para o cliente.

Ressalta-se que na maioria das vezes o projeto topográfico, por mais detalhado que seja, não é um produto final, e sim um banco de dados, base para o início do desenvolvimento de diversos projetos no campo das várias engenharias e arquitetura. Por isso se faz necessário o máximo cuidado com a precisão dos serviços topográficos, pois são os dados de campo que garantem a precisão, tendo em vista que as demais etapas e operações são provenientes ou derivam desses dados.

Esta planilha eletrônica complexa, esta sendo desenvolvida cuidadosa e detalhadamente para amenizar o desequilíbrio tecnológico, visando atender uma

grande demanda de mercado no ramo da topografia, tendo como foco principal a região serrana, que por razões diversas, já citadas anteriormente, estão a merce dos sofisticados sistemas e equipamentos de automação topográfica.

Acredita-se que esta alternativa é bem vinda e de grande valia para esta gama de profissionais, pequenas empresas e prefeituras, menos favorecidas economicamente, que atuam no ramo topográfico.

5.3 Vantagens da Utilização da Planilha Eletrônica

A vantagem é que ela realiza todas as operações de cálculos no escritório, desde cálculo de fechamento angular até o cálculo da área total da poligonal, fazendo a distribuição dos erros angulares e lineares e as suas devidas compensações, bem como a confecção da planta topográfica. Pretende-se aprimorar o desenho da planta, integrando outras ferramentas computacionais, pois se trata de uma proposta de informatização que pode e deve ser expandida e melhorada através da agregação de novos atributos, pois não se trata de um produto acabado.

A planilha eletrônica é uma ferramenta simples, precisa e rápida. Seu sistema operacional é familiar para qualquer usuário, pois não exige domínio de conhecimento específico. Possui um sistema operacional de fácil acesso, pois roda dentro do programa *Excel*, que é um *software* que tradicionalmente faz parte do pacote do *office*; cujo custo é relativamente barato, comparado com outras ferramentas computacionais, como os sistemas de automação topográfica que possuem compartilhando direta com a estação total. Como a planilha eletrônica é uma ferramenta leve, sendo inferior a capacidade de disquete, roda em qualquer computador com configuração básica.

5.4 Operação da Planilha Eletrônica

O sistema operacional é extremamente fácil, basta o usuário abrir o programa *Excel* e em seguida abrir o arquivo (planilha eletrônica, figura 16). Após esta etapa, dá-se um clique com botão esquerdo do mouse no campo

correspondente ao número de vértices, digitando-se neste campo o número de vértices da poligonal a ser processada.

Na seqüência clica com o botão esquerdo no campo (executar), abrindo-se assim o número de células (campos) destinados aos dados de campo, que são: os ângulos externos da poligonal de base, o azimute inicial e as distâncias ou lados da poligonal de base. Feito isso, é só digitar (lançar) os dados de campo (ângulos externos lidos, o azimute inicial e as distâncias ou comprimento dos lados da poligonal) nos referidos campos da planilha eletrônica, clicando em seguida com o botão esquerdo do mouse no campo (executar), então, em menos de cinco segundos o sistema processa todos os cálculos e confecciona o desenho da poligonal automaticamente, exibindo na tela (área de trabalho) o desenho com a indicação da área da poligonal. O sistema também cria um banco de dados processado passo a passo, que pode ser consultado sempre que necessário clicando com o botão esquerdo do mouse, no campo (banco de dados).

No banco de dados, se clicar com o botão esquerdo do mouse em qualquer uma das células, exibirá a fórmula. Outras informações poderá ser consultado a ajuda da planilha eletrônica.

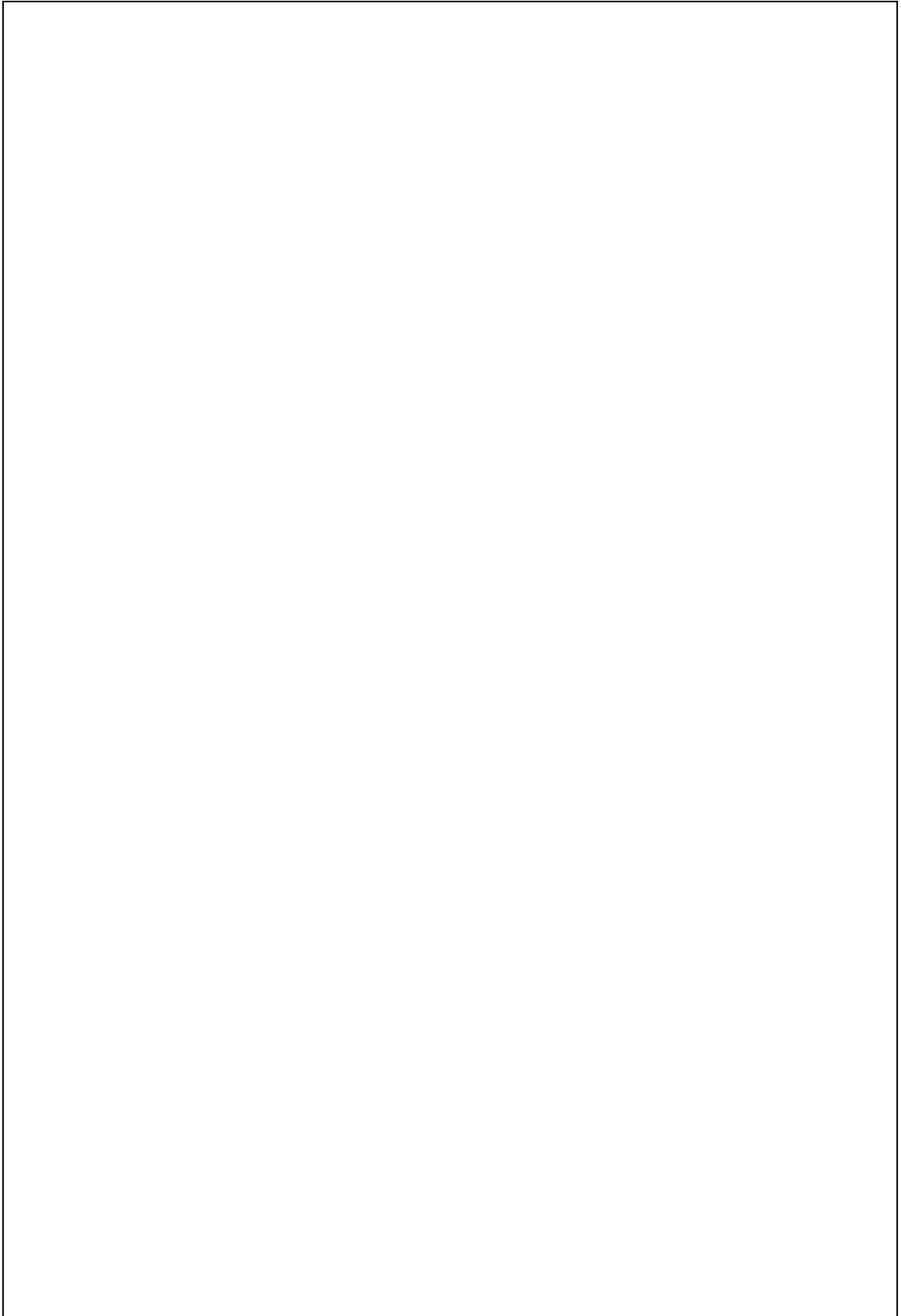


Figura 17 – Planilha Eletrônica (Proposta 2)

Microsoft Excel - Programa final de topografia4

Arquivo Editar Exibir Inserir Formatar Ferramentas Dados Janela Ajuda

D4 =

Planilha de cálculo para Levantamento Topográfico Planimétrico por caminhada.

Proprietário:

Local:

Responsável Técnico:

Data:

Pontos: 0

Instruções

Digite os dados do levantamento nas células de cor laranja.

Ao adicionar um novo ponto deve-se expandir a fórmula de cada coluna para este novo ponto.

Na coluna das coordenadas cartesianas adicione os mesmos valores das coordenadas iniciais abaixo

Voltar

Vértice Ponto	Elementos Angulares										Distância (m) li
	Ângulos Externos			Azimutes		Rumos		Radianos	Quadrante		
	Lido	Ajustado		Azi		Ri	Convertidos				
20	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0,0000	0,0000	0:00:00	
21	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0,0000	0,0000	0:00:00	
22	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0,0000	0,0000	0:00:00	
23	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0,0000	0,0000	0:00:00	0
24	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0,0000	0,0000	0:00:00	0
25	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0,0000	0,0000	0:00:00	0
26	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0,0000	0,0000	0:00:00	0
27	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0,0000	0,0000	0:00:00	0
28	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0,0000	0,0000	0:00:00	0
29	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0,0000	0,0000	0:00:00	0
30	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0,0000	0,0000	0:00:00	0
31	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0,0000	0,0000	0:00:00	0
32	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0,0000	0,0000	0:00:00	0

Plan1 Menu1 Menu2 Gráf1 Ajuda /

Pronto

NUM

Instant Access OCR WILMAR ALVES GHI... Microsoft Excel - ... 16:16

Microsoft Excel - Programa final de topografia4

Arquivo Editar Exibir Inserir Formatar Ferramentas Dados Janela Ajuda

D105 =SE(A105>0;B105+C105;)

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
142	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,0000	0,0000	0,00:00	0	
143	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,0000	0,0000	0,00:00	0	
144	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,0000	0,0000	0,00:00	0	
145	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,0000	0,0000	0,00:00	0	
146	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,0000	0,0000	0,00:00	0	
147	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,0000	0,0000	0,00:00	0	
148	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,0000	0,0000	0,00:00	0	
149	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,0000	0,0000	0,00:00	0	
150	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,0000	0,0000	0,00:00	0	
151	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,0000	0,0000	0,00:00	0	
152	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,0000	0,0000	0,00:00	0	
153	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,0000	0,0000	0,00:00	0	
154	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,0000	0,0000	0,00:00	0	
155	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,0000	0,0000	0,00:00	0	
156	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,0000	0,0000	0,00:00	0	
157	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,0000	0,0000	0,00:00	0	
158	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,0000	0,0000	0,00:00	0	
159	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,0000	0,0000	0,00:00	0	
160	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,0000	0,0000	0,00:00	0	
161	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,0000	0,0000	0,00:00	0	
162	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,0000	0,0000	0,00:00	0	
163	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,0000	0,0000	0,00:00	0	
164	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,0000	0,0000	0,00:00	0	
165	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,0000	0,0000	0,00:00	0	
166	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,0000	0,0000	0,00:00	0	
167	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,0000	0,0000	0,00:00	0	
168	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,0000	0,0000	0,00:00	0	
169	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,00:00	0,0000	0,0000	0,00:00	0	
170												
171	0,00:00	0,00:00	0,00:00								0	
172	360:00:00											
173	360:00:00											
174												

Plan1 Menu1 Menu2 Gráf1 Ajuda /

Pronto

Instant Access OCR WILMAR ALVES GHI... Microsoft Excel - ... 16:18

Figura 18 – Planilha Eletrônica – dados processados – anexo 1.

5.5 Aceitação das propostas pelo público alvo

Por se tratar de uma proposta em desenvolvendo, procurou-se testar primeiramente processando dados de poligonais já conhecidas, elaboradas através do *Autocad*. Dessas poligonais extraímos os dados correspondentes aos dados de campo com precisão de três dígitos após a vírgula para grandezas linear e precisão de um segundo (1") para grandeza angular. Aplicamos e processamos esses dados na planilha eletrônica para comprar a área e o desenho da poligonal com a área e o desenho da mesma poligonal, processada pelo *Autocad*, que é uma ferramenta de alta precisão. E para nossa satisfação o resultado foi igual.

Depois utilizamos a planilha eletrônica com os alunos do curso de edificações do Centro de Educação Profissional "Renato Ramos do Silva" (CEDUP),

onde tivemos a oportunidade de processar vários poligonais de levantamentos topográficos executados pelos alunos em aulas práticas. Na ocasião também tive a oportunidade de realizar uma experiência com alunos da 2ª fase, onde processamos uma poligonal de 10 vértices executado por eles em aula prática, sendo aplicado os três métodos de processamento, ou seja, método tradicional (manual com uso de calculadora científica) *Autocad* com tela idealizada para topografia e planilha eletrônica. Nesta fase os alunos tem basicamente o mesmo conhecimento dos três métodos. Participaram desta experiência 20 alunos.

Método tradicional – iniciamos por este método por ser o mais moroso e o que exige mais conhecimento e concentração, pois envolve aplicação de várias fórmulas, análise de parâmetros, critérios de distribuição de erros e aplicação de prova real, sendo normal o surgimento de dúvidas e a prática de algum erro, se tratando de 20 alunos sem experiência de cálculo. Neste método os alunos gostariam 4 períodos de 90 minutos = 360 minutos = 6 horas cerca de 20% dos alunos não chegaram no resultado com precisão.

Neste tempo está incluso as dúvidas surgida durante o processamento, o tempo que gastaram para iniciar os cálculos e guardar o material em cada período e a variação de tempo gasta entre cada participante. Também gastaram mais 90 minutos = 1,5 horas para elaborar a planta em escala.

Proposta 1 (*Autocad*) – utilizando o *Autocad* para lançar os dados de campo, fazer o desenho da poligonal e calcular a área, os alunos gastaram em média 8 minutos e todos chegaram no resultado final com precisão.

A composição do tempo gasto foi a seguinte:

6 minutos para lançar os dados;

1 minuto e 50 segundos para traçar a poligonal;

10 segundos para calcular a área.

Proposta 2 (Planilha eletrônica). Neste método foi gasto 3 minutos para lançar os dados de campo e 1 segundo para calcular a área e confeccionar o

desenho da poligonal. O grau de satisfação dos alunos foi muito bom, pois até a presente data o Centro de Formação Profissional “Renato Ramos da Silva” (CEDUP) só dispõe de teodolitos mecânica e sistema tradicional de cálculos e desenhos. Há cerca de dois semestre os alunos que já passaram pelo processo tradicional, vem realizando alguns projetos topográficos usando a proposta 1 (*Autocad*). No primeiro semestre de 2003 será também disponibilizado a proposta 2 (planilha eletrônica).

A proposta 1 e proposta 2 também está sendo utilizada por quatro topógrafos a mais de seis meses, obtendo bom desempenho.

CONCLUSÃO

No intuito de levantar subsídios básicos para auxiliar no desenvolvimento de uma dissertação consistente, realizou-se pesquisas na Região Serrana de Santa Catarina. Primeiramente visitamos os 18 Municípios Serranos para diagnosticar a situação tecnológica na área de topografia, tendo como público alvo às prefeituras, profissionais autônomos, escolas técnicas e pequenas empresas. Nesta pesquisa constatou-se que 83,3% das prefeituras, 78,95% dos profissionais de topografia e 100% das escolas técnicas não dispõem de qualquer sistema de informatização topográfica justificando assim o desenvolvimento das propostas de informatização 1 e 2.

Durante a pesquisa bibliográfica, apropriou-se de citações importantes para a viabilidade da proposta 1 (*Autocad*), como o método de distribuição gráfica dos erros linear e angular. Também ficou claro as oportunidades que a informática oferece para as outras áreas do conhecimento, viabilizando soluções de problemas, mediante a utilização racional de ferramentas computacionais.

Em alguns casos tivemos a oportunidade citar sugestões, como a distribuição do erro angular através de fator ao invés de intervalo.

Executou-se ainda uma longa pesquisa de campo, fazendo vários levantamentos topográficos em diversas localidades da região serrana, visando coletar dados de campo para testar a funcionabilidade das propostas de informatização 1 (*Autocad*) e proposta 2 (planilha eletrônica). Processamos algumas poligonais com a proposta 1, repetindo-se o processamento das mesmas poligonais

utilizando a proposta 2 (planilha eletrônica), confrontando os resultados, que no caso foram iguais. Entende-se assim que a proposta 2 satisfaz o objetivo proposto com precisão. Em função da execução dos levantamentos topográficos fatores importantes, como: a) área de vários terrenos menor que a área escriturada, verificou-se esses caso e constatou-se que na época o topógrafo (agrimensor) não considerou a inclinação do terreno, b) constatou-se problemas em que os filhos herdaram propriedades antigas, foram vendendo pedaços (glebas) e o erro (diferença) se concentrou na área restante.

Quanto à questão pedagógica entende-se que as duas propostas são boas, pois o *Autocad* é bastante interativo e a planilha eletrônica cria um banco de dados processado passo a passo que pode ser consultado sempre que necessário, pois já foi criada com finalidades pedagógica.

Para se ter noções do ganho de tempo, realizou-se uma experiência prática com um grupo de 20 alunos da 2ª fase do curso de Edificações do Centro de Formação Profissional “Renato Ramos da Silva” (CEDUP) de Lages, processando-se uma poligonal de 10 vértices, pelos três processos, o tradicional (manual com calculadora analítica a proposta 1 (*Autocad*) e a proposta 2 (Planilha eletrônica). Utilizando o método tradicional gastou-se 7,5 horas para processar a planilha de cálculo analítico com uso de calculadora e confecção do projeto em prancheta.

Utilizando a proposta 1 (*Autocad*) para lançar os dados de campo, fazer o desenho da poligonal e calcular a área, gastou-se 8 minutos, da seguinte forma:

- a) 6 minutos para lançar os dados de campo;
- b) 1 minuto e 50 segundos para traçar a poligonal;
- c) 10 segundos para calcular a área.

Utilizando a proposta 2 (planilha eletrônica), gastou-se 3 minutos para lançar os dados de campo e 1 segundo para calcular a área e confeccionar o desenho da poligonal.

Por parte de todos os usuários das propostas 1 e 2 o grau de satisfação foi muito bom.

Por outro ponto de vista, entende-se que essas propostas 1 e 2 vem contribuir para dinamizar ainda mais a ciência da computação, através do uso racional e integração de ferramentas computacionais, gerando novas tecnologias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁREAS URBANAS MAPEADAS. Disponível em <www.engetota.com/mateviz.html> Acessado em 07/10/2002.

BILLING, K. et al. **Guia de Referência para o Autocad Realise 12**. São Paulo: Makron Books do Brasil, 1994.

BORGES, A. de C. **Topografia**. 2.ed. v.1. São Paulo: Edgar Blücher, 1977.

_____. **Topografia: aplicada à engenharia civil**. v.2. São Paulo: Edgar Blücher, 1992.

BRUNS FELD, E. F. **Topografia (Introdução a planimetria, altimetria e demarcações de terras)** Curso de Engenharia Civil da FURB.

CARVALHO, M. P. de. **Curso de Estradas: estudos, projetos e locação de ferrovias e rodovias**. v.3. 3.ed. Rio de Janeiro: Científica, 1966.

COMASTRI, J. A. **Topografia aplicada: medição, divisão e demarcação**. Viçosa: UFV, 1998.

_____. **Topografia: altimetria**. 3.ed. Viçosa: UFV, 1999.

ESPARTEL, L. **Curso de Topografia**. 1.ed. Porto Alegre: Globo, 1973.

FONSECA, R. S. **Elementos de desenho topográfico**. São Paulo: Mcgraw-Hill, 1979.

GODOY, R. **Topografia**. Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”- USP. Escola de Engenharia de Piracicaba – FME. ESALQ-USP. Piracicaba, SP.: Luiz de Queiroz, 1974.

Disponível em <<http://www.udesc.br/~ie/ensino4tap1/#u6>> Acesso em 09/10/2002.

INFORMÁTICA. *Autocad* – R14 Básico. Centro de Formação Profissional de Lages. SENAC, Florianópolis, 1997.

LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO PLANIMÉTRICOS. Disponível em <<http://www.Google.com.br/search>>. Acessado em 09/10/2002.

OMURA, G. **Dominando o Autocad 13 para Windows**. Tradução: Daniel Vieira. Rio de Janeiro: LTC, 1995.

PIMENTA, M. A.; AZEVEDO, V. O. de. Projeto, plantas e desmembramentos. Disponível em <www.aguimensours.Hpg.com.br> Acessado em 07/10/2002.

RAMOS, D. **topografia I e II**. ESAG – Escola Superior de Agrimensura – Criciúma – SC. 1983.

SMITH, Beid. **Autocad 13 para leigos**. São Paulo: Berkeley do Brasil, 1995.

TRABALHO NA ÁREA DE AGRIMENSURA. Disponível em <www.agritep.cjb.net> Acessado em 08/10/2002.

TECNOLOGIA. Disponível em <www.terravista.pt/mussola/4563/tecnologia.html>. Acessado em 07/10/2002.

TOPOGRAFIA. Disponível em <www.topocun.com.br> Acessado em 08/10/2002.

TOPOGRAFIA. Disponível em <www.elisp.hpg.com.br> Acessado em 08/10/2002.

ANEXOS

Anexo 1 – Planilha eletrônica – dados processados.

Planilha de cálculo para Levantamento Topográfico Planimétrico por caminh									
<div> <div>Proprietário:</div> <div>Local:</div> <div>Responsável Técnico:</div> <div>Data</div> </div>									
<div> <div>Instruções</div> <div> Digite os dados do levantamento nas células de cor laranja. Ao adicionar um novo ponto deve-se expandir a fórmula de cada coluna para este novo po Na coluna das coordenadas cartesianas adicione os mesmos valores das coordenadas inic </div> </div>									
Pontos	9								
	90:00:00								
	180:00:00								
	270:00:00								
	360:00:00								
<div> <div>Voltar</div> </div>									
Elementos Angulares									
Vértice Ponto	Ângulos Externos		Azimutes			Rumos		Radianos	
	Lido	Ajustado		Azi	Ri	Convertidos			
1	249:00:00	248:56:22	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0,0000	0,0000		
2	278:00:00	277:54:06	97:54:06	97:54:06	82:05:54	82,0982	1,4329		
3	289:00:00	288:49:24	386:43:30	206:43:30	26:43:30	26,7251	0,4664		
4	90:00:00	89:52:59	296:36:29	116:36:29	63:23:31	63,3919	1,1064		
5	231:00:00	230:54:46	347:31:15	167:31:15	12:28:45	12,4791	0,2178		
6	330:00:00	329:51:01	497:22:17	317:22:17	42:37:43	42,6287	0,7440		
7	41:00:00	40:54:27	358:16:44	178:16:44	1:43:16	1,7211	0,0300		
8	332:00:00	331:53:12	510:09:56	330:09:56	29:50:04	29,8345	0,5207		
9	141:00:00	140:53:43	471:03:38	291:03:38	68:56:22	68,9393	1,2032		
	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0,0000	0,0000		
	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0,0000	0,0000		
Σ	1981:00:00	1980:00:00							
Condição	1980:00:00								
Erro	#####								

amento.

nto.
iais abaixo das coordenadas do último ponto.

Quadrante	Distância (m)	Distribuição		Projeções Naturais				Correções		Projeções Compensadas			
		Menor 55,64	%	E+ XI	W- XII	N+ XIII	S- XIV	Cxl	Cyl	E+ x'i	W- x'i	N+ y'i	S- y'i
NE	162	0,343393	0,060667	0	0	162,03	0	-0,3026553	-0,317081	-0,302655295	161,7129187		
SE	100	0,556066	0,09824	99,10995	0	0	13,75575	-0,1869017	-0,19581	98,9230526	-13,95155644		
SW	56	1	0,176669	0	25,021875	0	49,69623	-0,1039298	-0,108884	-25,12580428	-49,80511475		
SE	84	0,66246	0,117036	75,09473	0	0	37,61784	-0,1568846	-0,164362	74,93784203	-37,78220568		
SE	113	0,493088	0,087113	24,38278	0	0	110,1742	-0,2107735	-0,22082	24,17200589	-110,3949805		
NW	66	0,847009	0,14964	0	44,488197	48,33194	0	-0,1227021	-0,128551	-44,61089916	48,20338932		
SE	106	0,523129	0,092421	3,194489	0	0	106,312	-0,1986695	-0,208139	2,99581988	-106,5201554		
NW	87	0,641975	0,113417	0	43,11806	75,183255	0	-0,1618906	-0,169607	-43,27995082	75,01364761		
NW	94	0,593177	0,104796	0	87,534202	33,707617	0	-0,1752087	-0,18356	-87,70941085	33,52405718		
0:00:00		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0:00:00		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	867,08	5,660297	1	201,7819	200,16233	319,25281	317,556	-1,6196158	-1,696814				
				ΔX	1,6196158	ΔY	1,696814						

Distância Ajustada (m) I'i	Coordenada Cartesianas		Soma das		Áreas Duplas	
	Abcissa	Ordenada	Abcissas	Ordenadas	2 . Sx	2 . Sy
	Xi	Yi	X'i	Y'i		
161,7132	0	0	-0,3026553	161,712919	-48,94327108	-48,94327108
99,902033	-0,302655295	161,7129187	98,317742	309,474281	30614,14058	-1371,685527
55,784008	98,62039731	147,7613623	172,11499	245,71761	-6173,852574	-8572,206844
83,923627	73,49459302	97,95624755	221,927028	158,130289	11849,94265	-8384,892622
113,01034	148,4324351	60,17404186	321,036876	9,95310318	240,5864688	-35440,85968
65,678757	172,6044409	-50,22093868	300,597983	-52,238488	2330,405922	14489,84159
106,56227	127,9935418	-2,017549354	258,982903	-110,55525	-331,2036282	-27586,89913
86,603704	130,9893617	-108,5377048	218,698773	-142,06176	6148,426071	16405,39265
93,897834	87,70941085	-33,52405718	87,7094109	-33,524057	2940,375305	2940,375305
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
867,07578	839,5415254	273,3043204	1679,08305	546,608641	47569,87752	-47569,87752
Prova			1679,08305	546,608641	Area (m2) = 23784,94	

Anexo 2 – Levantamentos Topográficos Planimétricos

Os levantamentos topográficos 1, 2 e 3 são plantas topográficas de levantamentos executadas por alunos da 3ª fase do Curso Técnico em Edificações do Centro de Formação Profissional “Renato Ramos da Silva” (CEDUP) de Lages. Primeiramente este trabalho teve por finalidade fazer com que os alunos aplicassem os conhecimentos adquiridos em sala de aula, na execução de levantamentos reais, podendo assim, vivenciar dificuldades e técnicas, que na maioria das vezes os pequenos terrenos urbanos não oferecem. Acredita-se que esta estratégia de ensinar e aprender, forme técnicas mais experimentadas. A segunda etapa desse trabalho foi a confecção da planta topográfica utilizando a proposta 1 (*Autocad*), visando a utilização mais racional de ferramentas computacionais disponíveis na escola, buscando o desenvolvimento de novas tecnologias.

Os desenhos 4 e 5 são plantas topográficas planimétricas, representando o layout de fazenda na localidade de Guará, município de Lages, SC. Este trabalho foi executado por alunos da última fase do Curso Técnico em Edificações que se propuseram a desenvolver uma experiência de campo mais arrojada, pois se trata de um trabalho moroso e cansativo. O procedimento adotado foi o método de caminhamento pelos ângulos externos, sendo utilizado irradiação em todas as estações da poligonal de base, como auxiliar. Também utilizou-se várias poligonais abertas seguidas de irradiação, para fazer a amarração dos detalhes internos do terreno. Todas as poligonais abertas partiram de uma estação da poligonal de base. Neste trabalho foi contornado o terreno e todos os detalhes internos, sendo avaliado área e perímetro. O trabalho de campo foi executado com teodolito mecânico e serviço de escritório executado com a proposta 1 (*Autocad*), justificando se assim o potencial desta proposta.

Os desenhos 6, 7 e 8, também foram executados pelos alunos do CEDUP de Lages, utilizando teodolitos mecânicos no campo e a proposta 1 (*Autocad*) para processar os dados no escritório.

Neste caso explorando o potencial da proposta 1 para executar divisão de áreas, empregando-se o método de aproximação. Como o *Autocad* dispõe de

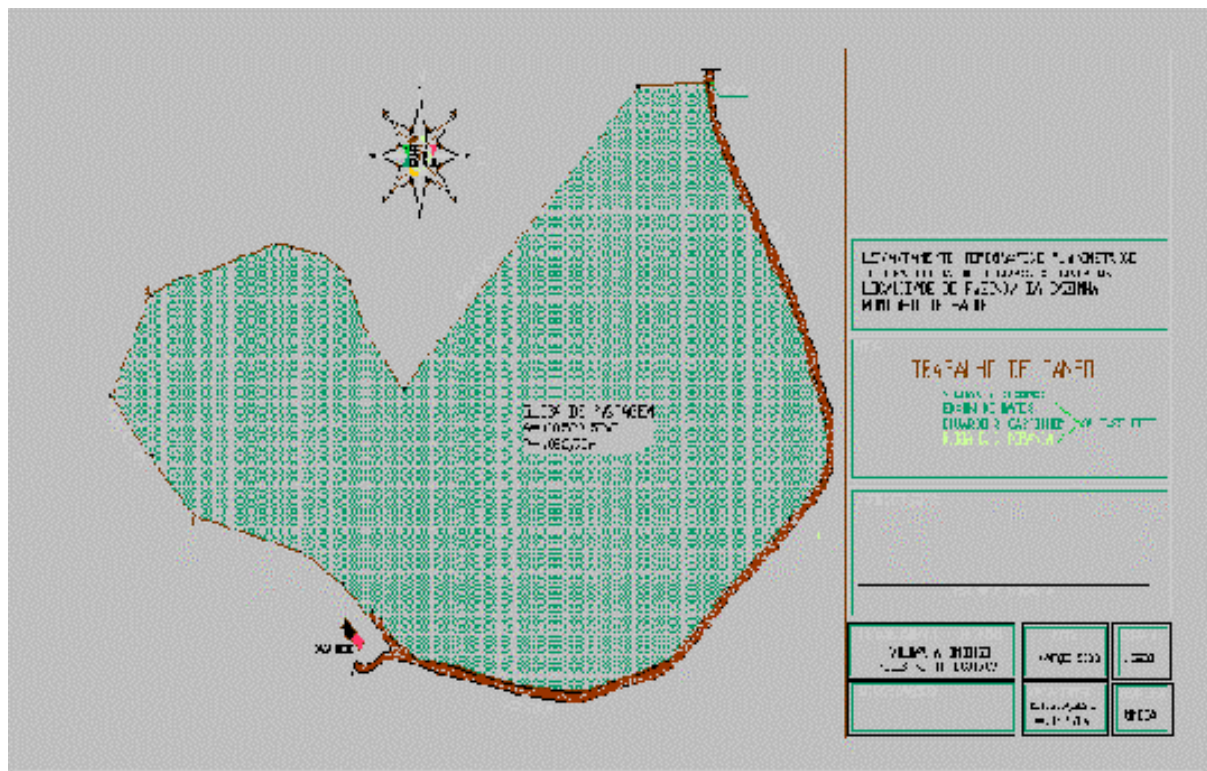
ferramentas rápidas e precisa para determinar áreas, medir ângulos e distâncias e rotacionar alinhamento, facilita bastante esta atividade.

Procede-se calculando inicialmente uma área aproximada com a desejada, encontrando-se assim a diferença, que poderá ser para mais ou para menos. Dividindo-se a área da diferença pelo comprimento da linha a ser deslocada, encontra-se a distância aproximada do deslocamento da linha, repetindo-se o processo até encontrar a área desejada.

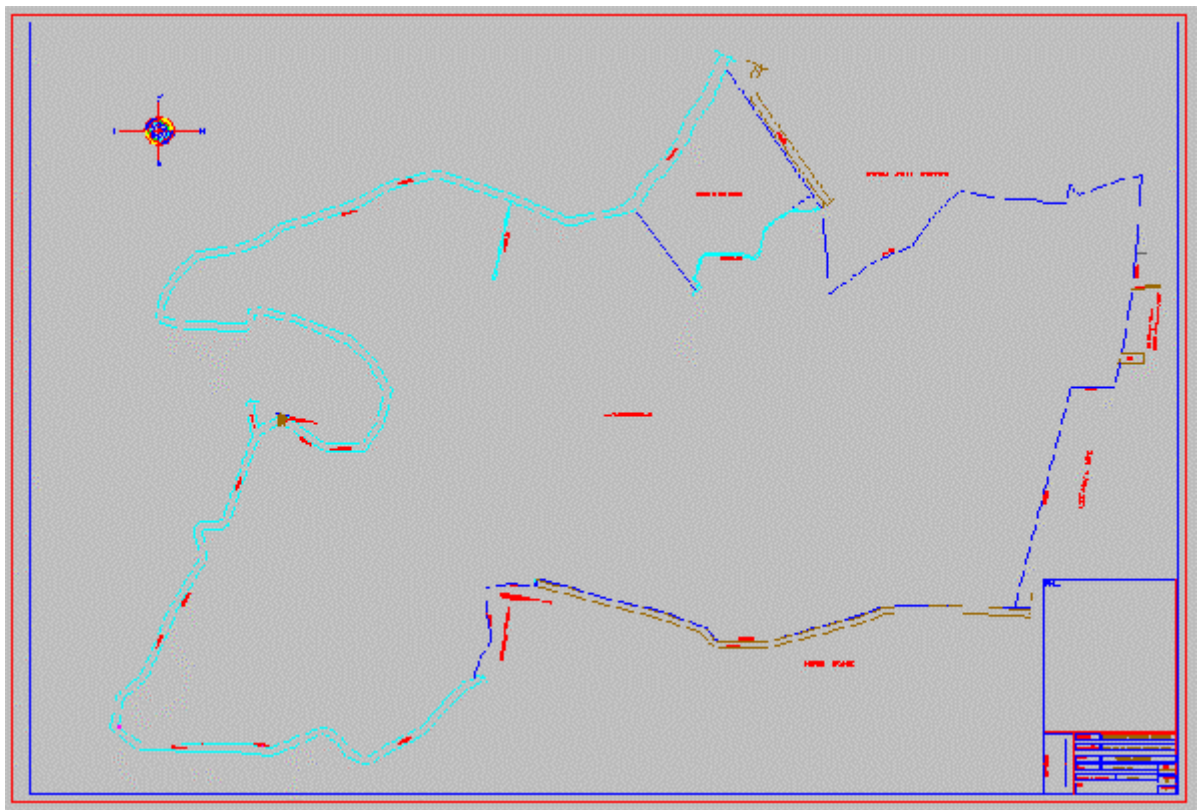
O desenho 9 representa o levantamento planimétrico de uma plantação de batatas semente na região de São Joaquim. Citou-se este levantamento por ter caracterizado várias poligonais bastante quebradas em função da presença de ilhas de pedras no local. Outro motivo é que foi executado por um ex aluno do Curso Técnico em Edificações do CEDUP de Lages, hoje topógrafo em São Joaquim, utilizando também com eficiência a proposta 1 (*Autocad*) em todos seus trabalhos.

O desenho 10 é uma planta topográfica planimétrica elaborada por uma empresa local (Região Serrana) baseada em uma foto aérea. Neste caso alguns alunos do Curso Técnico em Edificações do CEDUP de Lages, que já estavam trabalhando no local, construindo casa na sede da Fazenda, foram solicitados para fazer um levantamento de verificação nas duas linhas de divisas contornadas por cerca. Na oportunidade constatou-se diferenças significativas entre as medidas do terreno e as medidas da planta, sendo que essas diferenças apontam para um erro estimado em $\pm 15\%$ da área total. Como se trata de uma área com mais de 530 hectares, o erro estimado é superior a 79 hectares. A verificação no escritório também foi através da proposta 1 (*Autocad*). Outro erro visível na planta e confirmada no escritório, através do arquivo eletrônico original, é que a área foi calculada considerando-se o contorno do mato e não a margem dos rios. Citou-se este caso por ter sido vivenciado pelos alunos e por acreditar-se também que é um dos melhores materiais didáticos, são os casos reais trazidos do campo para a sala de aula, pois precisamos administrar conflitos.

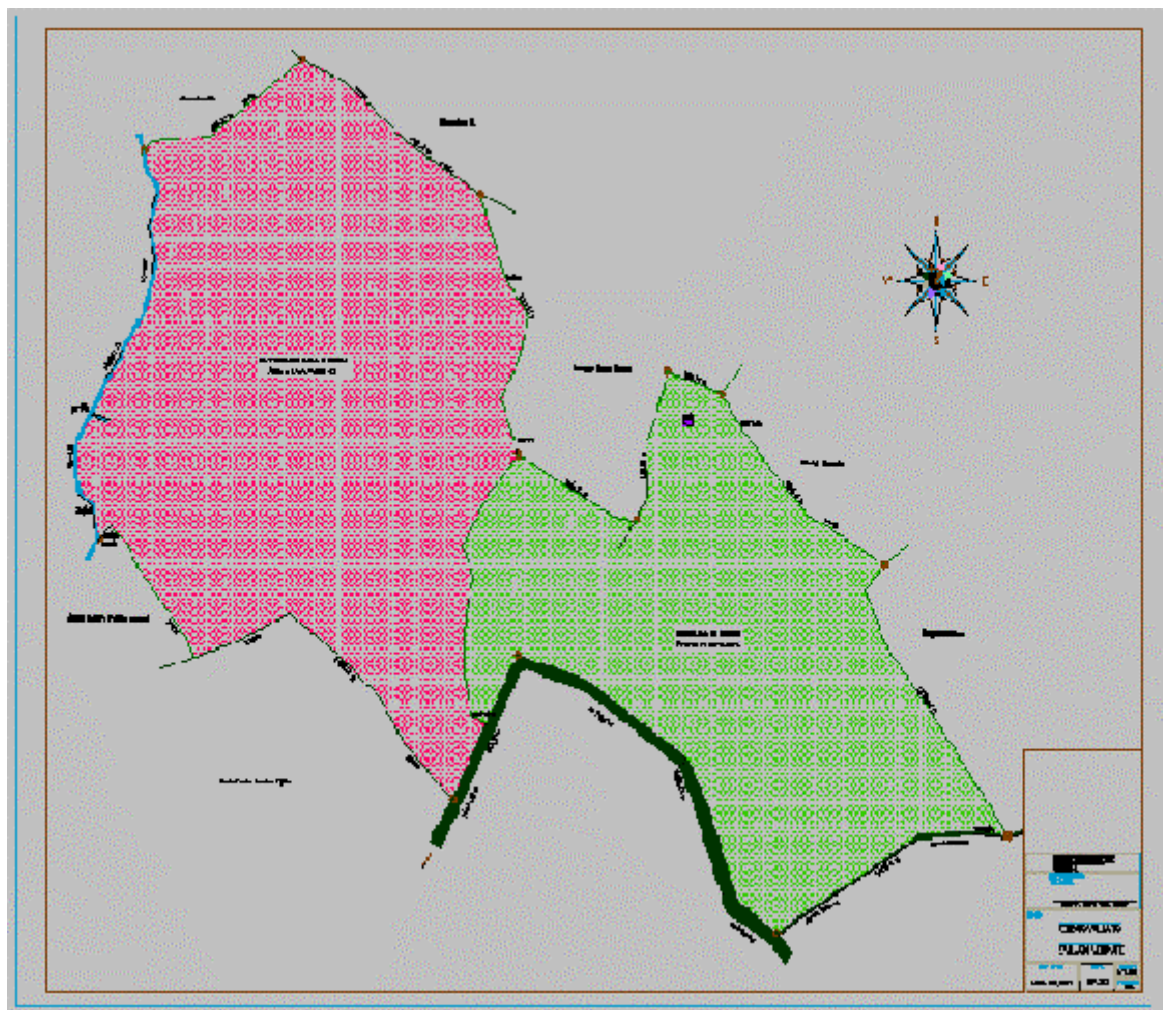
Levantamento topográfico – planimétrico 1



Levantamento topográfico – planimétrico 2

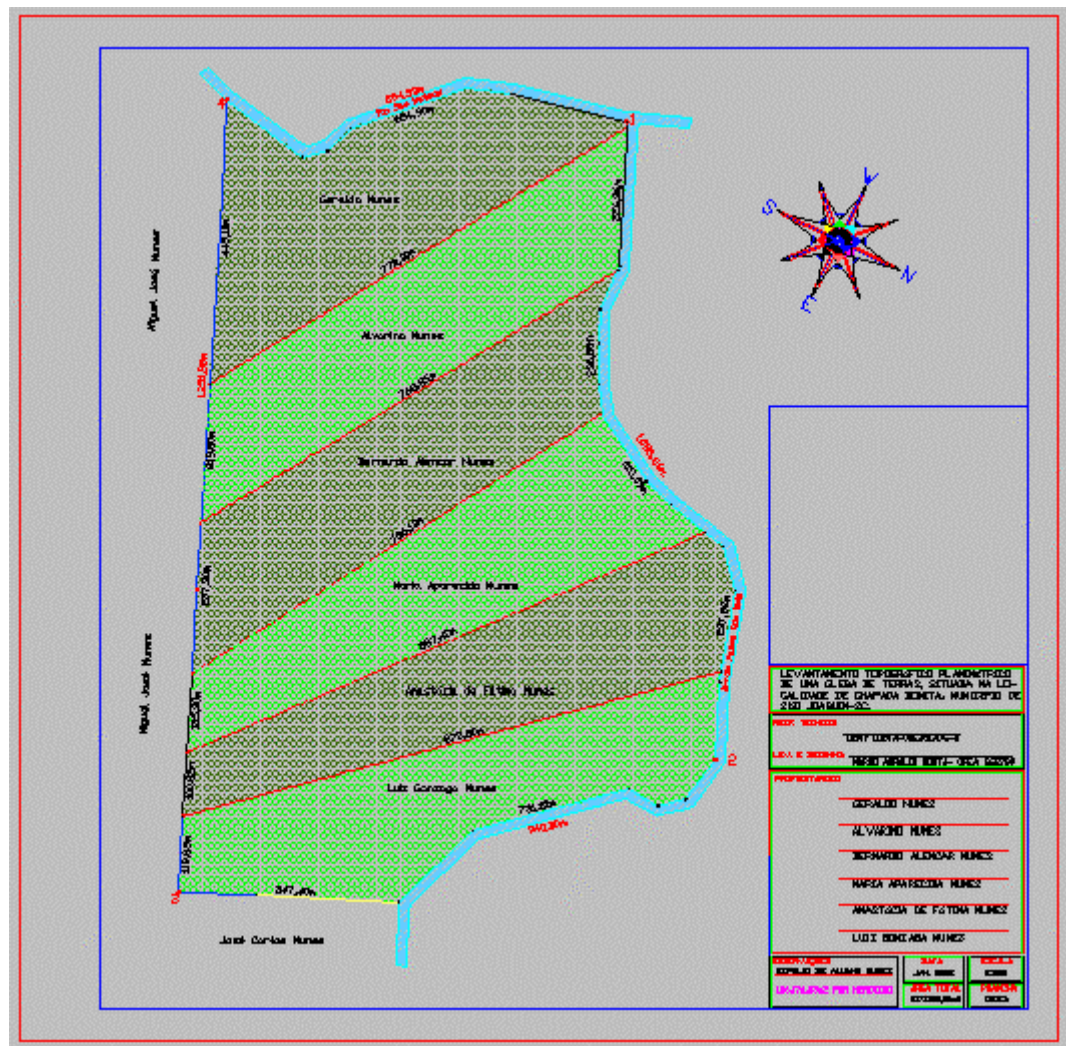


Levantamento topográfico – planimétrico 3



Levantamento topográfico – planimétrico 6

Levantamento topográfico – planimétrico 7



Levantamento topográfico – planimétrico 8

Levantamento topográfico – planimétrico 9

Levantamento topográfico – planimétrico 10

Anexo 3 - Levantamento Topográfico – Planialtimétrico

Os desenhos 1 e 2 representam as plantas topográficas planialtimétricas de um terreno, com curvas de níveis de metro em metro.

Este trabalho foi executado com os alunos do 3º módulo do Curso Técnico em Edificações, com a finalidade de aplicar na prática, os conhecimentos, técnicos e métodos necessários para a execução de levantamentos planialtimétricos.

Este método de levantamento foi aplicado em uma chácara próximo ao colégio, pois esta possui superfície relativamente acidentada, o que favorece a aplicação de técnicas e métodos topométricos.

O trabalho de campo foi executado com teodolito e mira, sendo feito rodízio da equipe para garantir a participação efetiva de todos os alunos. O trabalho de escritório: lançamento dos dados de campo, foi utilizado a proposta 1 (*Autocad*).

A utilização da proposta 1 (*autocad*) foi em função de que a escola dispõe deste recurso, portanto visamos a utilização racional. Este *software* tem grande afinidade com os métodos de levantamentos topográficos e possui ferramentas que permite a confecção de qualquer projeto topográfico com precisão. Os pontos de cotas internas foram determinadas por interpolação gráfica com base nas cotas fracionadas obtidas no campo. A confecção do projeto foi individual, porém de forma interativa entre professor e alunos.

Levantamento Topográfico – Planialtimétrico 1

Levantamento topográfico – Planialtimétrico 2

